



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

WIDENER LIBRARY

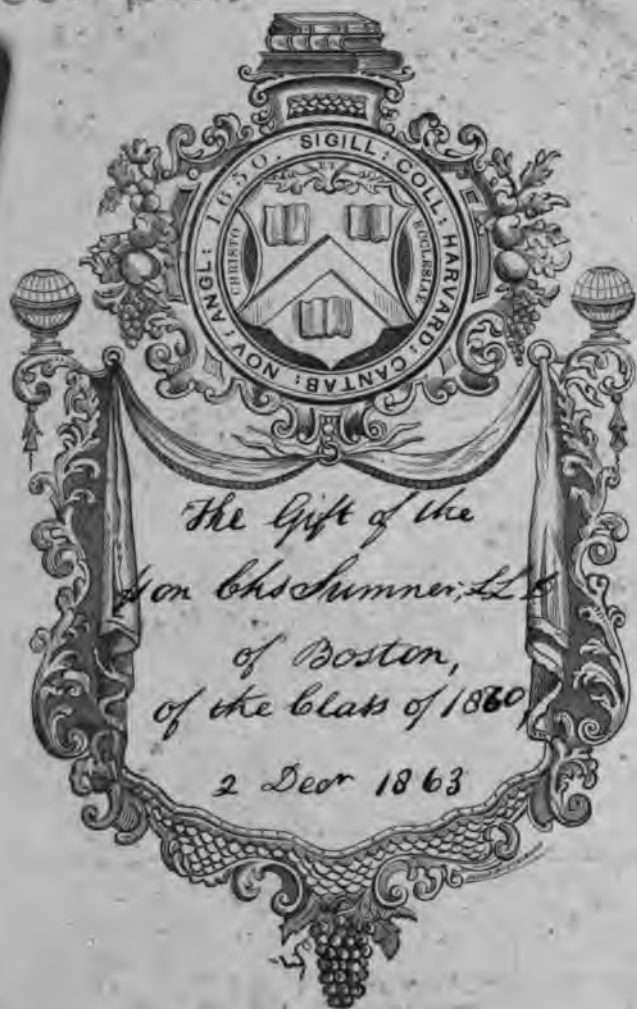


HX JLWI Y

47-10

Sci 2905.10

13 June 1860



SCIENCE CENTER LIBRARY









ANNUAIRE
DU JOURNAL
DES MINES DE RUSSIE.

SE TROUVE A PARIS,
CHEZ CARILIAN GŒURY ET V^o^a DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES
DE FRANCE,
Quai des Augustins, n^o 39 et 41.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE.
Rue Racine, 23, près de l'Odéon.

ANNUAIRE
DU JOURNAL
DES MINES
DE RUSSIE.

ANNÉE 1841.

SAINT-PÉTERSBOURG.

M DCCC XLIV.

Sci 275.10

1863, Dec 12,

Gift of
Elihu Chas. Sumner,
(Dec. 6. 1830.)

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS L'ANNUAIRE

DU JOURNAL DES MINES DE RUSSIE DE 1841.

GÉOLOGIE.

	Pages
Description géologique du gouvernement de Kharkov (extrait d'un manuscrit du major Blédé).	5
Notice géologique sur la partie de la Russie européenne comprise entre les lacs Ilmen, Séliugner et Tchoudak; par le lieutenant-colonel Helmersen.	19
Description géologique des contrées arrosées par le Volga et le Volkhov dans les gouvernements de Tver et de Novgorod : notice additionnelle sur le gîte houiller de la Pronikcha; par le lieutenant-colonel Oliuéri	33
Excursion géologique dans les gouvernements de Moscou, de Toula, d'Orel et de Kalouga; par le lieutenant-colonel Helmersen.	60
Recherches de houille dans les gouvernements de Kalouga, de Toula et de Moscou (<i>suite : voir l'Annuaire de 1840, p. 131</i>); par le lieutenant-colonel Oliuéri. . .	74
Explication à l'appui d'une carte géologique de la Russie d'Europe; par le lieutenant-colonel Helmersen (<i>voir ci-dessous aux MÉLANGES</i>).	

ART DES MINES ET USINES.

Nouvelle méthode employée dans l'arrondissement d'Ékaterinbourg pour débayer pendant l'été les couches de sables aurifères; par le capitaine en second Rasguldéeff.	95
---	----

Appareil de lavage employé dans les exploitations de sables aurifères de Miassk; par le général-major Anocoff.	110
Appareil de lavage pour les sables aurifères, dit Boutar; inventé en 1835 par le capitaine en second Buikoff. . .	116
Préparation mécanique du minerai d'argent de Nertchinsk; par le major Kovriguine 1 ^{er}	122
Préparation mécanique du minerai de Tchérépanovsk; par le capitaine en second Pichké.	140
Préparation mécanique des déblais de la mine de Zmeïnogorsk; par le capitaine en second Pichké.	153
Forage d'un puits artésien à Orenbourg; par le capitaine en premier Meier.	163
Mémoire sur l'acier damassé; par le général-major Anocoff.	192
Fabrication des cuirasses à l'épreuve de la balle, dans la manufacture d'armes de Zlatoust; par le lieutenant-colonel Akhmatoff.	287
Préparation de l'acier damassé en Perse; par le capitaine en second Massalski.	297

MÉLANGES.

Analyse de l'eau minérale de Serguinsk; par le lieutenant Choubine.	
Analyse d'une scheelite trouvée dans les dépendances des usines d'Ékaterinbourg; par le lieutenant Choubine. . .	317
Analyse des produits de la fonte du cuivre aux usines de Perm; par le lieutenant Choubine.	319
Analyse d'une serpentine cristalline de la mine de cuivre de Talovak (arr. de Kolnivano-Voskressensk); par le lieutenant Ivanoff.	333
Analyse d'un cymolite du gouvernement d'Ékaterinoslav; par M. Ilimoff.	336
Kaliphite, nouvelle espèce minérale trouvée en Hongrie; par le lieutenant Ivanoff.	338
Explication à l'appui d'une carte géologique de la Russie d'Europe; par le lieutenant-colonel Helmersen.	345

Fer natif trouvé dans l'alluvion aurifère de Pétropavlovsk.	381
Analyse du grès cuivreux de l'arrondissement de Perm. .	387
Analyse de l'acier damassé de Zlatoust et de deux scories provenant de la fabrication de cet acier; par M. Ilimoff.	391

DOCUMENTS STATISTIQUES.

<i>Tableau 1.</i> État et production des mines aurifères appartenant aux particuliers, dans les gouvernements d'Irkoutak et d'Iénisseïsk, depuis l'année 1833 jusqu'à l'année 1838 inclusive- ment.	400
<i>Tableau 2.</i> État et production des mines aurifères de la Couronne dans l'arrondissement de Kolui- vano-Voskressensk (année 1838).	414
<i>Tableau 3.</i> Quantité d'or exploité par les particuliers, en Sibérie, et dans la steppe des Kirghis (an- née 1840).	418
<i>Tableau 4.</i> Quantités d'or et de platine exploités dans l'Oural par la Couronne et par les particu- liers (2 ^e semestre de 1840).	422
<i>Tableau 5.</i> { Production de l'or (année 1840). . . } { Production du platine (année 1840) } . . .	424



RAPPORTS

DES POIDS ET MESURES RUSSES

AVEC

LES POIDS ET MESURES FRANÇAIS.

POIDS.

Le berkovez contient 10 pouds.

Le poud. 40 livres.

La livre. 96 zolotniks.

Le zolotnik. 96 doels.

	berkovetz.	pouds.	liv.	zol.	doel.
Ainsi	1	= 10	= 400	= 38.400	= 3.686.400.
		1	= 40	= 3.680	= 368.640.
			1	= 96	= 9.216.
				1	= 96.

Le berkovez = 163,720.

Le poud = 16,372.

La livre = 0,400.

Le zolotnik = 0,004096.

Le doel = 0,000096.

MESURES LINÉAIRES.

La sagène, ou toise russe, est partagée en 7 pieds ou en 3 archines.

Le pied. en 12 pouces.

Le pouce. en 10 lignes.

L'archine, ou aune. en 16 verchoks.

Le verchok en $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{8}$.

	metres.
La sagène	= 2,1336.
Le pied	= 0,3048.
Le pouce	= 0,0254.
La ligne	= 0,0025.
L'archine ou aune	= 0,7112.
Le verchok	= 0,0444.

2 RAPPORTS DES POIDS ET MESURES, ETC.

VERSTE,

UNITÉ DES MESURES LINÉAIRES.

La verste a 500 sagènes de longueur et est, par conséquent, égale à 1 kilom.,067.

DESSIATINE,

UNITÉ DES MESURES AGRAIRES.

La dessiatine contient 2400 sagènes carrées et est égale à 1 hect.,0025.

MESURES DE CAPACITÉ.

Mesurage des liquides :

Le tonneau contient 40 védros.

Le védro. 8 chtoffs ou 10 krushkas.

La krushka. 10 tcharkis.

litres.

Le védro = 12,360.

La krushka = 1,539.

Le tcharki = 0,123.

Mesurage des solides :

Le tchetvert contient 8 tchetvérics.

Le tchetvéric. 8 garnetz.

mét. cub.

Le tchetvert = 0,300740.

Le tchetvéric = 0,037597.

Le garnetz = 0,003277.

MONNAIES.

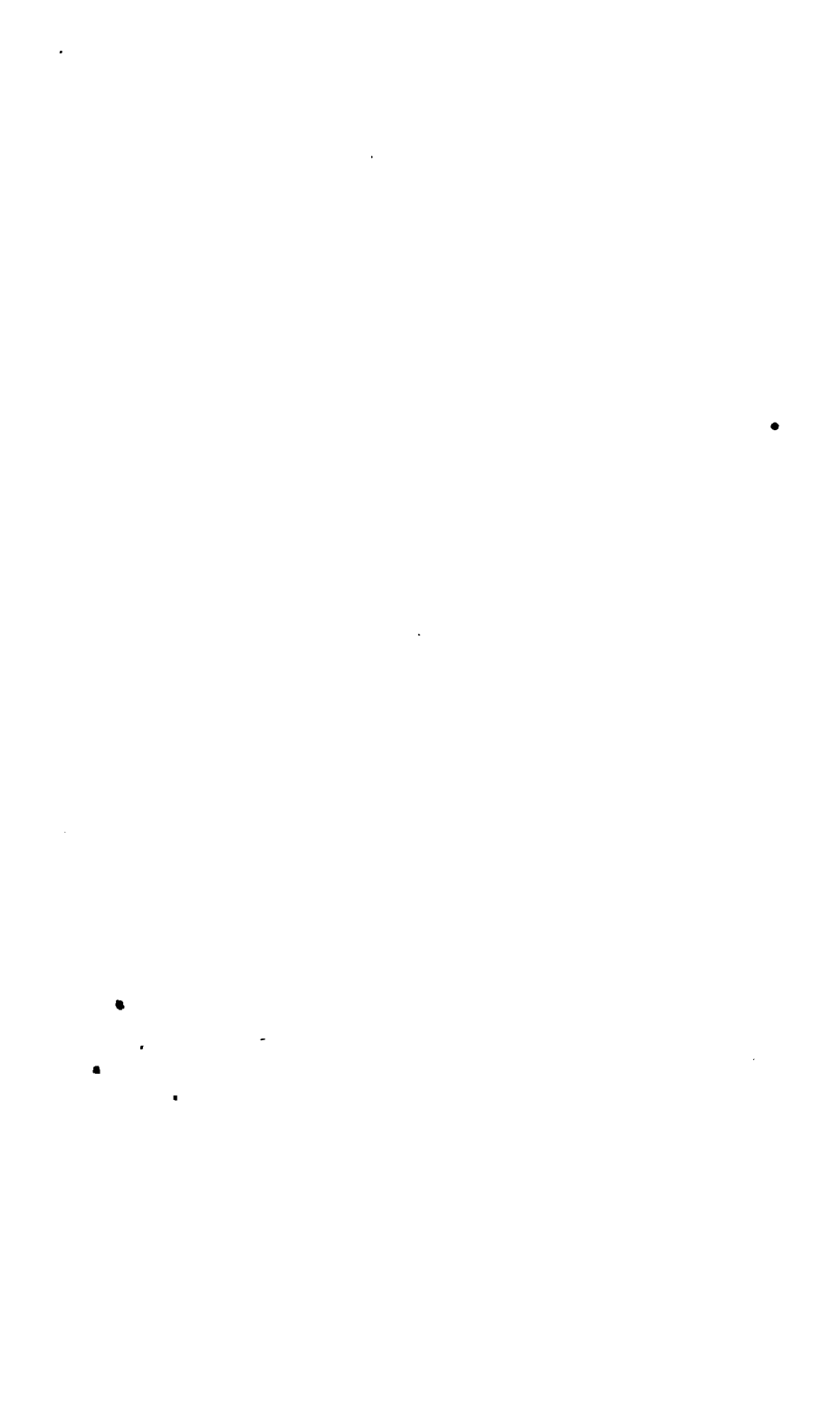
Le rouble argent, unité monétaire, vaut 4^{fr.}08.

Le kopeck est la centième partie du rouble, et vaut 0^{fr.}04.

Le rouble papier, ou assignation de banque, varie, suivant le change, de 1^{fr.}10 à 1^{fr.}16.

Le rapport légal entre le rouble argent et le rouble papier est celui de 35 à 10.

GÉOLOGIE.



ANNUAIRE

DU

JOURNAL DES MINES DE RUSSIE.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

DU GOUVERNEMENT DE KHARKOV.

(Extrait d'un manuscrit du MAJOR BLÉDÉ.)

Le sol du gouvernement de Kharkov comprend trois formations principales : la formation houillère, la formation jurassique et la formation crétacée. Ces terrains sont en différents endroits recouverts par des couches tertiaires.

Formation houillère.

La formation houillère affleure particulièrement dans l'Orlova-Bouerak, non loin de Pétrovskaïa, à 30 verstes à l'O. d'Izioum; une petite houillère

exploitée dans cette localité par la colonie militaire de Tchougouev présente, de bas en haut, la succession de couches suivante :

Grès.	
Argile schisteuse.	environ 50 pieds (15 ^m ,24).
Calcaire.	20 pieds (6 ^m ,10).
Argile schisteuse avec houille	30 pieds (9 ^m ,14).
Grès.	25 pieds (7 ^m ,62).
Argile schisteuse avec houille	40 pieds (12 ^m ,19).
Grès.	70 pieds (21 ^m ,34).
Argile schisteuse avec houille.	

L'inclinaison générale des strates est de 50° à 60° vers l'O. S. O.

Les couches de houille actuellement connues sont au nombre de quatre ; elles ont de 3 à 6 pieds (0^m,91 à 1^m,83) d'épaisseur et sont séparées l'une de l'autre par des intervalles de 6, 10, 18 et 30 sag. (12^m,8 ; 21^m,3 ; 38^m,4 et 64^m) ; elles sont entrecoupées de minces lits d'anthracite. La pyrite n'y existe qu'en très-petite quantité et se trouve plutôt dans les fissures que dans la masse même des couches. La houille est feuilletée, bitumineuse et en général de bonne qualité.

Les schistes et les grès houillers contiennent des rognons de fer hydraté oxydé. La présence des sphérosidérites y est attestée par les débris qu'on en trouve épars à la surface.

Le calcaire subordonné à la formation houillère a tous les caractères minéralogiques des calcaires

de transition. Il renferme des géodes de silice qui a dû y pénétrer à l'état de dissolution ; des noyaux de pyrite dont l'apparition a été contemporaine des infiltrations siliceuses et qui est actuellement en partie passée à l'état d'ocre ; des veinules d'un spath calcaire blanc, que le bitume teint par places en brun foncé et qui emprunte à cette coloration partielle l'apparence d'une brèche. Les fossiles qu'on y rencontre appartiennent aux genres *Productus* ; *Terebratula*, *Trigonia*, etc. Les échantillons de ce calcaire que l'on conserve à l'école des mines de Saint-Petersbourg ont fait reconnaître à M. Eichwald les espèces suivantes : *Productus punctatus*, *Productus choristites*, *Productus Martini*, *Spirifer*, *Pentamerus laevis*..

Les grès houillers présentent trois variétés assez distinctes. L'une d'elles se compose de grains de quartz, de lamelles de mica et de parcelles de kaolin, cimentées par une argile ferrifère ; sa texture est schisteuse ; elle ressemble à l'arkose et en général aux grès houillers anciens. Dans la deuxième variété, les grains de quartz sont prédominants, le mica peu abondant, et le kaolin disséminé en parcelles presque indiscernables ; le ciment de la roche est marneux et sa texture à peine schisteuse. La troisième variété offre un conglomérat assez grossier, composé de grains et de cailloux roulés de quartz, de hornstein et de schiste siliceux empâtés dans un ciment argileux. Ces trois variétés alter-

ment, sans prédominance d'aucune d'entre elles. Les grès houillers que nous décrivons sont remarquables par l'abondance des végétaux fossiles qu'ils contiennent, abondance qui leur fait jouer pour ainsi dire ici le rôle de l'argile schisteuse, réceptacle habituel des restes de végétaux dans les autres formations houillères. On y trouve parfois des couches de plusieurs pieds d'épaisseur presque intégralement composées de débris de fougères et de sigillaire. M. Eichwald rapporte les végétaux fossiles de ces grès aux genres et espèces suivants : *Stigmara ficoides*, *Lepidodendron obovatum*, *Lepidodendron confluens*, *Lepidodendron sulcatum*, *Ulodendron minus*, *Calamites cannaeformis*, *Calamites Suckowii*, *Pecopteris Mantelli*.

L'argile schisteuse n'a point ici cette couleur foncée et cette dureté, qui la caractérisent dans la plupart des autres formations houillères et lui méritent souvent la désignation de schiste houiller; elle est au contraire de couleur pâle et se rapproche par sa composition des argiles plastiques. Les empreintes de fougères y sont rares. Elle ne passe d'ailleurs pas au grès, et tranche distinctement sur ces derniers.

Passant aux considérations d'âge et de position de la formation houillère, l'auteur du mémoire fait voir avec quelle tranquillité, avec quelle régularité elle a dû se déposer sous les eaux. On en peut

conclure qu'elle recouvre un grand espace ; que les limites en sont placées aux affleurements mêmes des roches immédiatement inférieures ; que les proéminences de ces dernières ont formé les rives et les îles du vaste bassin où s'est déposé le terrain houiller , et que la formation carbonifère remplit en conséquence toutes les dépressions comprises entre ces points culminants. Mais comme la formation houillère est déposée à de grandes profondeurs, elle est, pour la majeure partie, masquée par des sédiments plus modernes, et, si elle apparaît sur quelques points, c'est aux effets de soulèvements postérieurs qu'il faut attribuer ces apparitions partielles.

Quant à l'âge même de la formation, tous ses caractères, y compris la nature des fossiles, établissent suffisamment sa contemporanéité avec les principaux dépôts de houille connus. Il n'est pas moins évident qu'elle appartient à l'étage inférieur du terrain houiller, étage qui repose immédiatement sur le calcaire de montagne. Elle doit donc être classée dans la même catégorie de dépôts carbonifères, que les gîtes du gouvernement d'Ekatérinoslav et que certains bassins d'Angleterre et de Belgique. A l'appui de cette assertion, on peut citer la nature du calcaire subordonné ici aux couches houillères, et qui, par ses caractères autant que par ses fossiles, a la plus grande ressemblance avec le calcaire de montagne.

La formation houillère de Lougane semble plus

ancienne encore que celle de Kharkov. En effet, le calcaire de Lougane renferme des fossiles particuliers au terrain dévonien, notamment des *Cyathophyllum*, des *Productus*, des *Spirifer* et même des traces de *Trilobites*. A la considération des fossiles viennent se joindre les faits suivants : près de Krémennaïa, à 90 verstes S.E. de la houillère de Pétrovskaja, on voit affleurer sur la rive droite du Donetz des couches d'un calcaire entièrement pareil à celui de Lougane et inclinées vers le N. O., tandis qu'à 4 verstes N.O. de l'affleurement, et par conséquent dans le toit de ces couches, on observe à la partie supérieure de l'escarpement du mont Krasnaïa, un calcaire tout différent et entièrement pareil, par ses caractères comme par ses fossiles, au calcaire de Pétrovskaja. A la vérité, on ne trouve point en cette localité d'autres représentants de la formation houillère; mais leur disparition s'explique aisément par leur moindre dureté, et, s'ils n'ont pu subsister à un niveau aussi élevé, il n'est guère douteux qu'ils n'existent plus bas sous les alluvions.

Le fait dont il vient d'être question a une grande importance pour l'appréciation de l'avenir réservé au gîte houiller de Pétrovskaja. Si en effet le gîte de Lougane appartient à l'étage inférieur, et celui de Pétrovskaja à l'étage supérieur de la formation houillère, on pourrait espérer trouver près de Pétrovskaja, vers le Donetz, la superposition des deux étages, ce qui donnerait sur ce point une

grande épaisseur et sans doute une grande richesse au terrain houiller. Toutefois, quoique la vallée du Donetz ne soit qu'à quelques verstes à l'E. de Pétrovskaja, et par conséquent à l'opposite du pendage des couches houillères, et bien que les têtes de ces couches atteignent un niveau supérieur de 15 ou 20 sagènes (32^m ou 43^m) à celui de la vallée, on n'observe cependant aucun affleurement houiller dans cette dernière, et les collines qui en bordent la rive droite sont entièrement composées de couches jurassiques et crétacées. Il est donc fort vraisemblable, que les couches de la formation houillère ont ici deux inclinaisons opposées, et qu'elles s'enfoncent, en formant bassin, sous les terrains plus modernes jusqu'à Krémennaja, où le calcaire houiller semble se relever brusquement pour constituer l'autre bord du bassin.

Quant au développement qu'affecte la formation houillère à partir des affleurements connus, on peut s'en faire une idée assez exacte à l'aide des observations suivantes. Vers le nord, le calcaire de montagne de Moscou, formation plus ancienne que la formation houillère, doit évidemment faire la limite septentrionale de cette dernière, à moins qu'il n'existe déjà, avant ce calcaire, d'autres roches également plus anciennes, ou qu'il n'y ait plus loin jusqu'au plateau de transition de Valdaï, quelques bassins houillers, encore inconnus, appuyés sur le flanc méridional de ce plateau. Vers l'ouest, le sol

est formé de roches tertiaires et d'alluvion, jusqu'au Dniéper, point où apparaît le granite des steppes, et où l'on peut au moins placer la limite occidentale du terrain houiller. Du côté du midi, les houillères d'Alexandrovka établissent la continuité de la formation houillère jusque près de la mer d'Azov, et l'apparition des roches plutoniennes à Marioupol indique la limite de son développement dans cette direction. Enfin, à l'est, on ne connaît encore aucune roche qui puisse servir de limite à la formation houillère, et il faut, pour en rencontrer, passer le Volga et s'avancer jusqu'aux branches S. O. de l'Oural. Sur toute cette étendue possible du terrain houiller, il y a moins à craindre de voir ce dernier subir des interruptions que de le trouver recouvert par de très-grandes épaisseurs de dépôts plus récents, tels que les terrains jurassique et crétacé, formations dominantes de la Russie européenne.

Il est d'ailleurs impossible de préciser avec exactitude à quelle époque s'est opéré le soulèvement des formations houillères reconnues jusqu'à ce jour dans la Russie d'Europe. Il est toutefois probable que ce soulèvement a eu lieu avant le dépôt des terrains jurassiques; car l'inclinaison de ces sédiments est beaucoup moindre que celle des couches houillères.

Formation jurassique.

La formation jurassique présente deux affleurements remarquables dans la vallée du Donetz : l'un non loin de Pétrovskaja près de Donetzkaia, et l'autre près de la Kamenka. Elle comprend deux étages, savoir : à la partie inférieure, un grès qui paraît être le représentant du lias ; et en dessus, un calcaire qui semble se rapporter au calcaire jurassique.

Le grès renferme des couches de lignite et des rognons de fer oxydé argileux, disposés par lits comme les sphérosidériles du terrain houiller ou les silex de la craie ; on trouve dans ces rognons des feuilles et débris d'une plante pareille à la *Sternbergia Flabellaria raphifolia*.

Le calcaire est généralement compacte, quelquefois oolitique. Il contient des rognons aplatis de silex passant au hornstein. M. Eichwald y a rencontré les fossiles suivants : *Lyriodon clavellatum*, *Lyriodon navis*, *Lyriodon libratum*, *Lyriodon nucleus*, *Astarte tetragona*, *Turritella*, *Ostrea*, *Ammonites plicatilis*, *Pholadomia Murchisoni*, *Gryphæa dilatata*, *Pecten*, *Nerinæa*. L'auteur y cite en outre les *Mytilus* ou peut-être des *Modiola* ressemblant aux *Melania Hedingtonensis*. Quant aux *Nerinæa*, dont M. Eichwald n'a point défini les variétés, il assure y avoir reconnu assez distinctement la *Nerinæa elegans*, et la *Nerinæa triplicata*. Ces deux espèces sont citées par M. Pusch

dans sa Paléontologie de la Pologne, comme caractéristiques du calcaire jurassique de cette contrée. Les coquilles sont d'ailleurs toutes agglomérées dans une seule et même couche.

La formation jurassique est divisée en strates bien distinctes, et toutes fort minces, à l'exception du banc de calcaire coquillier. L'inclinaison des strates est de 6° à 10° vers le N. N. O. L'épaisseur moyenne de la formation n'atteint pas plus de 20 à 90 pieds (6^m,1 à 27^m,4); dont 10 (3^m,05) sont formés par les bancs supérieurs de calcaire, 6 (1^m,83) par l'oolite, et le reste par le banc coquillier et le grès. Les couches éprouvent de fréquents amincissements ou renflements, quelquefois même des failles et des rejets, qui donnent à leur dépôt un air de désordre et de confusion.

Formation crétacée.

La formation crétacée est celle qui occupe la plus grande étendue de terrain dans le gouvernement de Kharkov; on ne saurait mieux la comparer qu'à une vaste mer crayeuse, sur laquelle se détachent çà et là des îles de sédiments houillers et jurassiques. Mais elle est la plupart du temps recouverte, soit par d'épaisses alluvions, soit même en quelques endroits par des couches tertiaires. C'est ainsi que la formation échappe presque tout entière à l'observation dans la partie N. O. du gouvernement, c'est-à-dire depuis les limites des gou-

verticillaire de Poltava et de Koursk, jusqu'au Donetz. Sur toute cette étendue, la craie ne présente que de rares affleurements, tels que ceux des rivières de Kharkovka, de Lopan, de Béréga; ce n'est que le long du Donetz et dans les vallées de ses affluents gauches, qu'il devient possible de l'étudier complètement.

La formation crétacée peut être divisée en quatre groupes composés :

Le premier, de sable, de grès, de quartz et d'argile siliceuse;

Le deuxième, de tripoli;

Le troisième, de marnes argileuse et crayeuse;

Le quatrième, de craie tendre à silex.

Aucun de ces dépôts n'est riche en minéraux ni en fossiles. Le groupe de sable, d'argile et de grès renferment quelques débris de végétaux, et notamment des fougères; on y voit, et principalement dans certaines couches de sable meuble, un fossile remarquable, formé de tiges de $\frac{1}{2}$ à $1\frac{1}{2}$ pouce ($0^{\text{m}},01$ à $0^{\text{m}},04$) d'épaisseur et rappelant l'*Amplexus coralloides*; enfin il y existe aussi une assez grande quantité d'arbres fossiles percés pour la plupart par des vers marins (*Teredo navalis*) et quelquefois pénétrés de silice.

Le tripoli ne fournit point de fossiles; mais ses couches supérieures renferment, près de Kharkov, une multitude de tubes cylindriques ayant de $\frac{1}{2}$ à 1 pied ($0^{\text{m}},15$ à $0^{\text{m}},30$) de diamètre, et souvent plusieurs

pieds de longueur. Ces tubes occupent une position inclinée ou tout à fait verticale; ils sont d'ordinaire remplis intérieurement d'argile ou de terreau. Ces mêmes tubes se retrouvent dans le grès (quadri-sandstein) de la Podolie, près de Kirilovtzi. L'auteur attribue leur origine à la destruction de quelques corps organiques.

Les assises calcaires de la formation, si abondantes en fossiles dans d'autres contrées, en contiennent au contraire fort peu dans le gouvernement de Kharkov. La marne crayeuse n'en contient presque point; et si la craie proprement dite est un peu plus riche à cet égard, l'auteur n'a pu toutefois y trouver qu'un petit nombre de *Belaminites mucronatus*. En revanche, cette craie abonde en rognons de silex, aux formes les plus variées et souvent les plus bizarres, qui y forment des lits ou bancs espacés à des intervalles de 4 à 6 pieds ($1^m,23$ à $1^m,83$); ces silex renferment quelquefois des coquilles, et notamment la *Terebratula plicatilis* et de petits *Pecten*.

Les assises arénacées de la formation constituent des strates fort nettes qui ont de 1 à 3 pieds ($0^m,30$ à $0^m,91$) d'épaisseur et inclinent au N. O. de 10° à 15° . Vers le haut, le sable meuble, le grès friable et l'argile passent sans cesse l'un à l'autre; mais vers le bas, ces dépôts s'isolent davantage et acquièrent plus de dureté.

Suivant l'auteur, on n'observe aucun ordre dans

la superposition des roches de la formation crétacée. Le grès, l'argile, la marne et la craie se succèdent sur de petites étendues, non point selon l'inclinaison, mais dans la direction des couches; on ne trouve point de marne, là où la craie affleure, et réciproquement la craie manque, quand la marne apparaît. Le tripoli n'est qu'un dépôt accidentel; il ne se voit qu'autour de Kharkov. Ces diverses roches semblent donc plutôt se remplacer que se recouvrir l'une l'autre. Aussi l'auteur renonce-t-il à établir leur correspondance avec les divers membres ordinaires de la formation crétacée. Il est toutefois probable que les dépôts arénacés sont les représentants du grès vert ou du quadersandstein, et les calcaires ceux de la marne crayeuse ou de la craie.

A 6 ou 10 verstes de Slaviansk, sur la route d'Izioum, l'auteur a observé des traces d'un calcaire fort analogue à la roche qu'on nomme *Dachstein* en Pologne et en Silésie, et qui consiste à Tarnovitz et à Olkoutcha en un calcaire poreux, contenant de la calamine et de la galène, et servant de toit au calcaire coquillier de la couche plombifère. L'auteur n'y a d'ailleurs trouvé aucun fossile, ce qui l'empêche d'établir positivement l'identité de ce calcaire avec le dachstein de Pologne et de Silésie rapporté par M. Pusch à la formation keupérienne. L'auteur se rappelle aussi avoir vu un semblable calcaire près de Bakhmouth, dans le gouver-

nement d'Ékaterinoslav, et cette circonstance l'amène à supposer qu'on trouvera peut-être dans ce gouvernement, comme dans celui de Kharkov, entre les formations houillère et crétacée, des dépôts plus anciens que le terrain jurassique, et notamment le terrain des keuper. L'auteur voit la confirmation de cette hypothèse dans l'existence de sources salées à Slaviansk et d'amas gypseux à Bakhmouth.

Terrain tertiaire.

Les dépôts tertiaires de l'Ukraine diffèrent essentiellement de ceux de la Russie occidentale. Ainsi, tandis que les sédiments tertiaires de Podolie, de Volhinie, de Bessarabie, etc., sont pour la majeure partie formés de calcaires et remplissent presque sans interruption un immense bassin, ceux du gouvernement de Kharkov se composent presque exclusivement de sables ou d'argiles, et ne se trouvent que dans de petites dépressions du terrain crétacé. A cette première différence vient s'en joindre une autre non moins importante; les couches de Kharkov ne contiennent presque point de fossiles: ils abondent au contraire dans les autres localités.

NOTICE GÉOLOGIQUE
SUR LA PARTIE DE LA RUSSIE EUROPÉENNE
comprise
ENTRE LES LACS ILMEN, SÉLIGUER ET TCHOUDESK.
PAR LE LIEUTENANT-COLONEL HELMERSEN.

J'ai présenté, dans l'Annuaire de 1840, un premier aperçu sur la constitution géologique du plateau de Valdai. Mon mémoire contenait les principaux résultats des explorations auxquelles je m'étais livré dans un espace limité à l'E., par la Msta et à l'O., par le Volkhov, le lac Ilmen et les affluents méridionaux de ce lac. J'ai depuis eu occasion de revoir une partie de cette contrée, et d'étendre mes excursions au S. et à l'O. de l'espace qu'embrassaient mes premières recherches. J'ai pu, en outre, coordonner mes nouvelles observations avec celles que j'avais déjà faites dans les provinces Baltiques. Enfin, la lecture des belles monographies publiées en Angleterre (*) sur le calcaire de mon-

(*) Philipps : Geology of Yorkshire; et Marchison : Silurian system.

tagne, le vieux grès rouge et le système silurien, m'a fourni des points de comparaison précieux pour ces trois formations, si développées dans la Russie septentrionale.

M'étant dirigé de nouveau vers Staraja-Rouss, je revis les environs de Tchoudov et la rive S. O. de l'Ilmen. Je ne tardai pas à me convaincre que toutes les couches de cette contrée appartiennent exclusivement au système dévonien de M. Murchison, ainsi que l'avait annoncé M. Léopold de Buch (*). Les roches de ces deux localités renferment, en effet, des *Holoptychus nobilissimus* et des *Spirifer trapezoidalis*, fossiles qui doivent être considérés ici comme caractéristiques du vieux grès rouge. Les calcaires de Tchoudov contiennent, en outre, un grand nombre de *Terebratula ventilabrum* et de *Terebratula micans*. La *Terebratula prisca* et le *Spirifer trapezoidalis* qui l'accompagne constamment(**), appartiennent plus particulièrement à un calcaire ferrifère de l'Ilmen, où on les trouve en si grande abondance, que la couche semble en-

(*) Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformationen in Russland. Berlin, 1840.

(**) C'est sans doute par erreur de localité que M. Eichwald annonce le *Spirifer trapezoidalis* dans le calcaire de montagne, (Leonhard und Bronns Jahrbuch. 1840; Heft 4, p. 426). Cette coquille n'y a point encore été jusqu'à ce jour trouvée. De même, la *Strophomena (Productus) antiquata*, qui n'appartient qu'à notre calcaire de montagne, n'a jamais été vue sur l'Ilmen (*Idem*, p. 42).

tièrement composées de ces coquilles ; on pourrait même croire que cette couche est le produit d'une extermination totale de l'espèce : car le calcaire blanc qui lui est supérieur n'en contient que quelques rares individus, et encore ces derniers disparaissent-ils tout à fait à 2 ou 3 pouces de la couche ferrifère. Les *Orthoceratites* sont très-peu abondants et très-mal conservés dans le calcaire de l'Ilmen : on n'y connaît pas de *Trilobites*.

Un examen attentif des escarpements du rivage, entre les villages de Ratlé et de Poustache, a fait voir qu'en général l'horizontalité des bancs a éprouvé les dérangements qu'on observe dans chaque chaîne de montagne, tels que ruptures, soulèvements, rejets, écrasements de couches. Mais ici ces accidents sont insignifiants, et n'exercent aucune influence sur le relief du sol.

Au S. de l'Ilmen, les calcaires disparaissent, et l'on voit dominer des argiles bigarrées, des grès, des marnes avec débris de poissons et des dolomies non fossilifères, dont la position n'a pu être exactement déterminée. Les débris de poissons abondent dans les grès et les argiles bigarrées des environs de Démiansk ; on y trouve également des débris d'*Holoptychus nobilissimus* et des vertèbres de poissons.

Les grès, les argiles bigarrées et les alternances de calcaires et de marnes qu'on rencontre entre Démiansk et Ostachkov font aussi partie du système

dévonien. Le grès dévonien acquiert son plus grand développement près du village de Malvatitza, où il contient des débris de poissons et des rognons de gypse.

Le calcaire de montagne, dont on trouve plus loin de si grandes masses vers l'E. et le S., sur la Mata et le Volga, n'est représenté, près d'Orekhovka, sur le Séliguer, que par de petites couches de houille alternant avec de l'argile grise et du grès friable. Ces couches appartiennent à l'étage le plus ancien de notre calcaire de montagne; car les débris de végétaux qu'elles renferment, tels que *Stigmaria ficoides*, *Calamites* et *Lepidodendron*, témoignent de leur contemporanéité avec les couches de la Prouikcha et de Borovitchi. On ne trouve point sur le Séliguer les assises supérieures et moyennes du calcaire de montagne, assises ordinairement composées de calcaires dolomitiques purs et de calcaires crayeux avec strates de silex, coraux et grandes espèces de *Productus* et de *Cidaris*. Il faut, pour trouver ces assises très-développées, gagner les parties supérieures du Volga, au-dessous du point où il reçoit la Sélijarovka. Près de Rjev, la rive gauche du Volga, qui atteint en ce point 100 pieds (30") au moins d'élévation, est composée de couches horizontales de marnes et de calcaires purs, renfermant des *Spirifer mosquensis*, *Productus hemisphæricus*, des épines de *Cidaris* et de petites tiges d'encrinites. Au-dessus de Rjev, le calcaire de

montagne est beaucoup plus riche en fossiles, et présente, outre les précédents débris organiques, les *Productus antiquatus*, *Productus Martini*, *Productus gigas*, *Chætetes radians*, *Strombodes pentagonus*, *Bellerophon* et *Euomphalus*.

Entre Tchoudov et Rjev, il n'existe point un seul affleurement de couches siluriennes. Toutes les roches qui apparaissent dans cet intervalle appartiennent au système dévonien ou au calcaire de montagne, et si l'année passée j'ai trouvé quelques fossiles siluriens sur le flanc septentrional du plateau de Valdaï, près de Krestzui, ils provenaient évidemment de fragments de calcaires qui y ont été apportés du nord en même temps que les blocs erratiques de granite finlandais.

Revenu de Rjev à Ostachkov, j'entrepris l'excursion des sources du Volga pour en mesurer barométriquement la hauteur au-dessus du niveau de la mer; puis je me dirigeai vers Pskov, par Staraja-Rouss.

Sur la rivière de Schelon, que je longuai en partie, on rencontre des couches horizontales de calcaire qui appartiennent par leurs fossiles au système dévonien. J'ai déjà parlé, dans un de mes précédents mémoires, d'une grande carrière située près du village de Svinord, et dans laquelle on trouve de grands *Orthoceratites*, des *Spirifer attenuatus*, des *Melania* et des *Pleurotomaria*. Plus loin, près du bourg de Saltzui, je trouvai d'autres espèces

telles que *Terebratula livonica*, *Terebratula acuminata*, *Terebratula ambigua*, *Lima*, *Spirifer trapezoidalis*, *Strygocephalus* (peut-être le *Strygocephalus Burtini*, Bronn. Lethæa, tab. 3, fig. 5), *Avicula*? *Bellerophon*, *Encrinites*. J'ai vu, près de Soukhlov, des corselets d'*Holoptychus*. Ces calcaires sont les mêmes que ceux de Porkhov, mais c'est à Pskov, sur la rive gauche de la Vélikaïa, qu'ils atteignent leur plus grand développement. On observe en cet endroit des alternances de calcaire, de dolomie, de marne schisteuse et d'argile; la marne schisteuse ne paraît point contenir de fossiles; le calcaire et l'argile fournissent très-souvent des *Terebratula acuminata*, *Terebratula livonica*, *Spirifer trapezoidalis*, et quelquefois des *Terebratula prisca*, des débris d'*Holoptychus* et des *Orthoveratites Eifeli*. Il existe au-dessus de la ville une couche d'argile remarquable par l'extraordinaire abondance de *Terebratula acuminata* qu'elle renferme.

Près du bourg d'Izborsk, à 30 verstes à l'O. de Pskov, on rencontre des calcaires contemporains de ceux qui viennent d'être décrits, mais fort remarquables en ce qu'ils contiennent de grands amas de gypse. Le plus considérable de ces amas fournit un gypse brun cristallin; il jette dans les calcaires et dans l'argile environnants un grand nombre de rameaux, dont quelques-uns donnent un gypse blanc fibreux. Il est probable qu'on trou-

verait également du gypse entre Izborsk et Petchorui, près du village de Rassiliv, où existent aussi des calcaires. Ulprecht, qui a étudié avec soin les gypses d'Izborsk (*), assure que, près du château d'Adzel, entre Pskov et Riga, le gypse présente absolument les mêmes circonstances géologiques que près d'Izborsk. Il n'est point douteux que les gypses de la Dvina, près Dinhof, et ceux d'Allam, entre Pskov et Venden, n'appartiennent aussi au système dévonien. Tous les fossiles recueillis dans cette contrée et conservés à l'Université de Derpt sont contemporains, ainsi que j'ai pu m'en convaincre par moi-même, de ceux de Pskov et d'Izborsk.

Les *Spirifer trapezoidalis* se rencontrent près de Kirkholm, de Kopenhagen et de Rannembourg; on trouve, en outre: près de Kirkholm, des restes de *Pleurotomaria* et d'*Euomphalus*; près de Rannembourg, la *Terebratula livonica*, Buch., et près de Venden, la *Terebratulata ventilabrum* et des *Encrinites*.

Il n'est plus actuellement permis de douter que les gypses de la Livonie et les eaux salées de Staraja-Rouss ne se trouvent dans le système dévonien; M. Léopold de Buch l'avait déjà soupçonné (**), lors-

(*) Karstens Archiv. 1830, T. 2, p. 94. M. von Engelhardt und E. Ulprecht, Umriss der structur Esthlands und Livlands.

(**) Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformationen in Russland. Berlin, 1840.

qu'il écrivait : « Les couches de transition ont, au » pied du plateau de Valdaï, subi les effets des » mêmes causes qui dans l'Europe centrale ont coloré le keuper, fait passer le calcaire coquillier et » le zechstein au gypse ou à la dolomie, et donné » naissance aux amas de sel gemme intercalés dans » ces couches. »

A Staraïa-Rouss, l'eau salée jaillit en très-grande abondance par deux trous de sonde qui ont jusqu'à 700 pieds (213^m,36) de profondeur. L'existence d'une pression capable de soutenir ces eaux à une aussi grande élévation ne peut s'expliquer qu'en plaçant l'origine des sources alimentaires sur le plateau même de Valdaï, plateau dont le pied et le sommet servent de point de départ à tous les affluents de l'Ilmen, sans en excepter le Schelon et la Msta. Elles doivent se trouver ou dans le vieux grès rouge, ou dans les couches siluriennes, et il est probable qu'on ne tarderait pas à les découvrir en donnant quelques trous de sonde au S. de Staraïa-Rouss. Les calcaires de Pskov et d'Izborsk doivent, selon M. Ulprecht, reposer sur les grès qu'on rencontre au S. et à l'O. du lac Tchoudsk, près de Petchorui et du château de Neuhausen. Les os, que renferme ce grès près de Neuhausen, prouvent qu'il est contemporain des grès de Derpt et de Bourtnék, et je ne doute point qu'il ne faille rapporter encore à ce dernier les argiles bigarrées et les grès, que j'ai rencontrés entre Neuhausen et Derpt, dans les environs de Rappin,

près des villages de Talema, de Paulenhof et de Kavershof, quoiqu'on n'y ait encore découvert jusqu'ici aucun débris de poissons.

Ces observations et quelques autres renseignements qui nous ont été communiqués par M. Ulprecht et par le professeur Hück (*), semblent démontrer, à l'appui de l'opinion déjà émise par M. L. de Buch, que les roches de la Livonie appartiennent au terrain de transition, et, de plus, aux étages silurien et dévonien.

Le territoire compris entre Pskov et Saint-Petersbourg n'avait pas encore été exploré ; je partis en conséquence de Pskov pour Gatchina (à 40 verstes de Saint-Petersbourg), tandis que deux de mes compagnons, MM. Perekrestoff et Semiannikoff, se dirigèrent par la rive orientale du lac Tchoudsk vers Narva, où nous nous rejoignîmes plus tard. Il résulte de nos observations communes que, sauf une bande de faible étendue, cette région est tout entière recouverte de terrains d'alluvion, que MM. Perekrestoff et Semiannikoff ont suivis jusqu'à 30 verstes avant Narva, sur les rives de la Plioussa, et M. Sokoloff et moi, jusqu'aux environs de Gatchina. On ne rencontre dans tout cet intervalle que des buttes de sable baignées par des marais. Les roches qui succèdent aux alluvions sur la Plioussa, et les calcaires que je rencontrai entre Paggär et la rive gauche de

(*) Leonhard und Bronns Jahrbuch. 1839.

la Narva, sur le mont Bogoroditza, paraissent appartenir à des couches siluriennes, plus modernes toutefois que celles des falaises de l'Estonie. Les coquilles que nous avons recueillies sur la Plioussa et au mont Bogoroditza, diffèrent un peu de celles de l'Estonie. Sur la Plioussa, on rencontre avec les *Asaphus* et les *Orthoceratites* de grandes variétés de *Pleurotomaria* et des *Strygocephalus*. Au mont Bogoroditza, on trouve outre les *Strygocephalus*, un *Pleurotomaria* qui paraît être le *Pleurotomaria angulata* (Murchison, *Silurian System*, Tab. 21, fig. 20). Entre cette montagne et Paggar, le propriétaire de Paggar, le comte Stackelberg, a trouvé un *Bellerophon*, tout à fait pareil à celui qu'on trouve dans le calcaire de montagne du plateau de Valdaï et qui rappelle le *Bellerophon carinatus* (Murchison, *Silurian system*).

M. Murchison, qui a si bien étudié et décrit le terrain silurien, s'est rendu l'été dernier à Saint-Pétersbourg, avec un géologue français, M. de Verneuil, pour faire un voyage géologique dans le nord et le centre de la Russie. Son but principal était de reconnaître si la classification qu'il avait établie en Angleterre, s'appliquait également aux terrains de transition de l'Europe orientale. M. Murchison se rendit d'abord de Saint-Pétersbourg, par Pétrozavodsk à Archangel, gagna par Iaroslav et Kostroma, Nijni-Novgorod, Elatma, Moscou, et revint à Saint-Pétersbourg par Valdaï. Les observations

qu'il recueillit dans ce grand voyage amenèrent la confirmation complète de sa classification pour les grandes formations de la Russie, et le mirent à même de compléter et rectifier nos connaissances sur plusieurs points de l'immense région comprise entre la mer Blanche et la partie médiane du Volga.

Le botaniste Schrenk rapporta à Saint-Petersbourg, il y a quelques années, des bords de la Dvina orientale et de la Pinéga, plusieurs beaux fossiles provenant d'un calcaire compacte crayeux avec silex et gypse, qui prouvent que le calcaire de montagne s'étend jusque dans le pays des Samoïèdes. Ces fossiles consistaient en *Productus antiquatus*, *Spirifer mosquensis* Fisch., *Spirifer rhomboideus* tout à fait pareil à celui qu'on trouve dans le calcaire de montagne de Preston en Angleterre, *Strombodes pentagonus* et *Chætetes radians*. Sur la rive droite de la Pinéga, non loin de la Dvina, le docteur Schrenck a vu de beau gypse blanc dont on pourrait, suivant cet observateur, tirer un grand parti. M. Murchison a également trouvé du gypse sur la Dvina et il suppose que le vieux grès rouge s'étend depuis le lac Ladoga jusqu'à la mer Blanche.

Beaucoup plus haut, sur la Dvina, près de l'embouchure de la Vaga, M. Murchison a découvert, sur le calcaire de montagne, des couches tertiaires dont les coquilles appartiennent, suivant M. de Verneuil, à des espèces qui existent encore aujourd'hui dans

la mer du Nord. Cette découverte est d'un grand intérêt; elle permet d'assimiler ces couches à celles qui recouvrent la rive basse de la Suède et dont la position actuelle manifeste l'existence d'un soulèvement graduel de la presqu'île Scandinave.

Le vieux grès rouge n'est pas limité à l'O. par la Dvina occidentale, ainsi que le démontre la nature des roches et des fossiles recueillis dans le gouvernement de Vilna et conservés à l'École des mines. On voit parmi ces roches un calcaire dolomitique du village de Telchen, qui renferme des *Spirifer trapezoidalis*, des *Spirifer attenuatus*, des *Euomphalus* et des *Pleurotomaria*, identiquement pareils aux fossiles de Kirkholm, près Riga. Le gypse du district d'Oupitsk, dans le gouvernement de Vilna, appartient donc aussi très-probablement au système dévonien.

Quant au calcaire de montagne, on en a reconnu soigneusement l'existence, non-seulement depuis les bords de la Pinéga jusqu'à Toula et Smolensk, mais encore sur les deux flancs de l'Oural. En effet la collection de l'École des mines fait voir qu'on trouve : aux monts Grébéni, au N. d'Orenbourg, des *Spirifer mosquensis* et *Productus antiquatus*; dans les districts de Bougoulminsk et de Bogoroussk, des *Spirifer mosquensis*, *Productus antiquatus*, *Productus Martini*, *Cyathophyllum*, *Euomphalus*, *Unio* et *Encrinites*; à Satkinsk (à l'O. de Zlatoust), des *Strombodes pentagonus*, *Syrin-*

gopora reticulata Goldf., *Productus hemisphæricus* et des empreintes d'*Euomphalus*; aux environs de l'usine d'Artinsk (au N. O. de Zlatoust), des *Productus Martini*, *Orthoceratites Steinhaueri* et quelques *Goniatites* qui, je crois, n'ont pas encore été décrits et dont l'un ressemble beaucoup au *Goniatites Zisteri*, figuré par Philippe (Geology of Yorkshire); à l'usine de Luissva (à l'O. de Kouehva) des *Productus hemisphæricus* et *Cyathophyllum*, passés à l'état de hornstein.

Le vieux grès rouge et le calcaire de montagne règnent en Russie sur une étendue de terrain égale à celle qu'ils occupent dans l'Allemagne et la France réunies. Les couches siluriennes n'affleurent dans tout cet espace que près du golfe de Finlande et sur les flancs de l'Oural. Les énormes dépôts d'alluvion sous lesquels elles s'enfoncent ont des origines diverses. Les unes se sont formées sur place et vraisemblablement aux dépens du grès, des argiles et des marnes dévoniens, décomposés dans une mer peu profonde; à cette catégorie appartiennent les énormes masses de sable et d'argile du plateau de Valdai, et de son versant septentrional: elles ne contiennent point de blocs erratiques, et leur dépôt doit remonter à une époque très-éloignée. Les autres alluvions doivent, au contraire, avoir été apportées du nord, et ont un développement beaucoup moindre; à celles-ci appartiennent les blocs erratiques du nord et les détritits de granite.

Si l'on figure sur une carte la formation de transition, on remarque que le calcaire de montagne s'étend de la Pinéga jusqu'au Volga, en passant par le plateau de Valdai, du N. E au S. O.; tandis que les couches siluriennes se dirigent de l'E. à l'O. avec une très-faible déviation vers le S.. Quoique ces deux systèmes de soulèvement n'aient point donné lieu à de grands mouvements du sol, ils suffisent cependant pour caractériser le relief de toute la partie septentrionale de la Russie européenne.

A mes recherches théoriques se rattachait une question pratique d'une haute importance : l'existence de la houille. Les localités visitées par M. Murchison, et l'immense plaine que j'ai explorée dans le courant de ces deux années, n'ont fourni aucune trace de la formation houillère proprement dite. Les couches de houille découvertes dans le gouvernement de Novgorod appartiennent exclusivement aux assises inférieures du calcaire de montagne. Ces couches contiennent, comme j'ai déjà eu occasion de l'indiquer, une houille dont on peut tirer parti, et elles atteignent parfois une épaisseur de 7 pi. (2^m, 13). Leur position géographique, au centre des gouvernements industriels de la Russie, leur prête un très-grand intérêt, et elles feront sans doute un jour la principale richesse de ces contrées où le manque de bois se fait de plus en plus sentir.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

DES CONTRÉES ARROSÉES PAR LE VOLGA ET LE VOLKHOV.

DANS LES GOUVERNEMENTS DE TVER ET DE NOVGOROD.

NOTICE ADDITIONNELLE SUR LE GITE HOUILLER DE LA PROUIKCHA

(PLANCHE I ET PLANCHE II, FIG. 1, 1 *bis* ET 1 *ter*,
2 ET 2 *bis*, 3, 3 *bis* ET 3 *ter*.)

PAR LE LIEUTENANT-COLONEL OLIVIÉRI.

Le succès des expériences faites, en 1839, à la fonderie d'Alexandrovsk sur l'application du charbon de la Prouikcha au chauffage des chaudières à vapeur, et l'espoir d'obtenir une meilleure qualité de combustible en l'extrayant à une plus grande profondeur, et le débarrassant soigneusement des parties terreuses qui l'accompagnent, m'ont valu, en 1840, la mission de continuer l'exploitation houillère de la Prouikcha. J'avais ordre de pousser la production de la mine jusqu'à 5000 pouds (81.860^k). Je devais, en outre, explorer quelques indices de combustible découverts près de la montagne d'Orekhovka et sur les rivières de Vouchéra et de Kéresta; reconnaître ensuite les rives

ANNÉE 1841.

3

du Volkhov et le cours du Volga depuis sa source jusqu'au point où il touche le gouvernement de Moscou, et étudier enfin la constitution minérale du sol des gouvernements de Moscou et de Toula, en me dirigeant du point où je quittais le Volga, vers Moscou, et de Moscou vers Odoev, où existent d'assez riches houillères.

Je viens d'accomplir la mission que m'avait confiée l'état-major de l'administration des mines, sur l'ordre de S. M. l'empereur, et je m'empresse d'en présenter les principaux résultats. Je me fais un devoir de déclarer que l'exploration des rives du Volkhov a été faite par le lieutenant Müller.

Après avoir consacré les mois de mai et de juin à l'organisation de travaux d'exploitation dans quatre districts du gouvernement de Novgorod, savoir : dans le district de Krestseï, sur la Vouchéra; dans le district de Démiansk, près de la montagne d'Orehovka; dans le district de Novgorod, sur la Kéresta, et surtout dans le district de Borovitchi, sur la Prouikcha, je me mis en devoir de procéder à l'exploration des bords du Volga.

La région où le Volga prend sa source présente, dans un rayon de 50 verstes, les différences les plus tranchées avec la contrée environnante, soit par la hauteur que les montagnes y atteignent, soit par la variété du sol qui tantôt s'y revêt de bois et de mousse, tantôt s'y dérobe sous d'impra-

ticables marais, soit enfin par l'agglomération des dépôts d'alluvion, des argiles, des sables et de ces énormes masses de granite, qui ont déterminé les bouleversements du sol et son élévation au-dessus du plateau de Valdaï.

Le Volga prend naissance près du village de même nom, sous la forme d'un très-petit ruisseau. Il n'est longtemps accompagné dans son cours que par des collines discontinues et composées, sur une hauteur considérable, d'argiles d'alluvion empâtant de gros blocs de granite. Ces collines isolées ne dépassent point les lacs Stéréje, Pénô et Volgo, où elles viennent en mourant aboutir à la vaste ceinture de dunes et de marais qui encadre ces lacs. En général, les lacs du gouvernement de Novgorod et ceux de la partie septentrionale du gouvernement de Tver présentent presque tous une association remarquable de buttes sablonneuses et de blocs granitiques : c'est ainsi qu'aux villages de Vélia, de Veltza, de Polontza, d'Istochina, de Gorodets, on rencontre, sur de petites distances, des monceaux de sable et d'énormes blocs de granite, disposés tantôt en pyramides isolées ou en groupes irréguliers, tantôt en chaînes intermittentes ou continues, formant autour des lacs comme des murs successifs dont les matériaux acquièrent des dimensions croissantes à mesure qu'on s'éloigne du rivage.

Le Volga, à sa sortie du Volgo, cesse de perdre

son cours dans les lacs, et commence à couler entre deux lignes de montagnes. Les hauteurs, qui le longent depuis ce point jusqu'à Tver, en sont la plupart du temps à une assez grande distance, s'inclinant en pente douce vers le thalweg, et forment une vallée de large dimension. Néanmoins, quand le fleuve se partage en plusieurs bras, ou change brusquement de direction, ses rives deviennent parfois de hautes et abruptes falaises : tels sont les escarpements d'Életz, de Botcharov, de la Dounka, de Rjev, de Zoubtzov et de Staritza. Dans les points où la rive est déprimée, on ne voit que des affleurements irréguliers de la roche sous-jacente, affleurements qui, s'ils ne peuvent donner une idée de la stratification de la couche, révèlent du moins sa composition minérale et ses caractères conchyliologiques. Là, au contraire, où les bords affectent la forme de falaises escarpées, et surtout le long des affluents du fleuve qui, dans leur cours ou près de leurs sources, recoupent constamment de puissantes montagnes, on observe nettement des systèmes complets de couches distinctes et en superposition régulière. On peut voir plusieurs de ces coupes naturelles en remontant le Puirenkov, la Stomla, la Dounka, le Pogorelkin, le Molodoï-Toud, la Bezimennaïa, la Puirenka de Rjev et la Vazouza. Ces coupes, comme celles des escarpements du Volga, montrent constamment des calcaires, tantôt tendres, tantôt siliceux et compacts, abondants en

silex roulés, fossilifères, et associés à différentes roches. Je vais décrire séparément quelques-unes de celles que j'ai été à même d'observer.

Le premier affleurement distinct qu'on rencontre à partir de la source du Volga se voit sur la rive droite de ce fleuve, le long d'un ruisseau, près du village de Podol. Les bords du ravin atteignent une hauteur de 8 sag. (17^m,07); ils sont composés de couches d'un calcaire qui parfois est blanc, tendre et fossilifère, mais qui la plupart du temps est gris de cendre, compacte, siliceux, ou accompagné de masses isolées de silex. Ces couches sont horizontales, ou du moins sans inclinaison appréciable. Les variétés de calcaire les plus pures, les plus compactes, les moins chargées de silex sont employées comme pierre à chaux. La coupe n° 1, Pl. I, donne le détail et la superposition des couches :

1. Argile superficielle.
2. Calcaire jaune, compacte, avec cailloux de silex, renfermant à sa partie inférieure des *Productus gigas*, *Cyathophyllum* et *Strombodes pentagonus*.
3. Calcaire blanc, tendre, crayeux.
4. Calcaire coloré superficiellement par l'oxyde de fer.
5. Calcaire compacte, siliceux, gris cendré, en couche de 2 sag. (4^m,26) d'épaisseur.
6. Calcaire compacte, en couche mince, avec *Productus gigas* et *Favosites*.
7. Calcaire siliceux.
8. Calcaire bleu foncé, très-compacte, très-siliceux.

Les bords du ruisseau de Puirenkov, sur la rive droite du Volga, près du village de Tétiouev, présentent, sur une hauteur de 8 sag. (17^m,07), la série

suivante de calcaires siliceux et d'argiles. Au-dessous de l'argile d'alluvion, on voit un calcaire dur, blanc-grisâtre, contenant de gros blocs de silex, disposé par couches successives de 1 arch. (0^m,71) d'épaisseur dont l'ensemble atteint une puissance de 4 sag. (8^m,53) d'épaisseur. Ces couches sont suivies d'un calcaire blanc, friable, et celui-ci d'un calcaire compacte, gris, avec *Productus gigas*, *Productus hemisphaericus*, *Productus antiquatus*, *Calamopora fibrosa* (*Chætetes radians*), *Pecten Noe*, *Sanguinolaria sulcata*, *Orthoceratites crepitaculum*, *Turritella*. Enfin vient une argile schisteuse contenant les mêmes fossiles que le calcaire précédent. L'ensemble des couches incline visiblement de 4° vers le N. O.

Les coupes n° 2, 2 bis et 2 ter, Pl. I, donnent le détail et la disposition de ces couches.

Coupe n° 2.

1. Argile d'alluvion.
2. Calcaire dur.
3. Argile blanche.
4. Calcaire gris, compacte, fossilifère.

Coupe n° 2 bis.

1. Argile d'alluvion.
2. Calcaire dur.
3. Silex.
4. Calcaire blanc décomposé.
5. Calcaire gris, compacte, fossilifère.
6. Argile schisteuse.

Coupe n° 2 ter.

1. Argile d'alluvion.
2. Calcaire blanc tendre.
3. Argile jaune.
4. Argile verte.
5. Argile violette.
6. Argile grise.
7. Calcaire gris, fossilifère.

La Stomla, affluent gauche du Volga, offre, sur une hauteur de 12 sag. (25^m,60), un escarpement entièrement composé d'un calcaire blanc, tendre, tachant, avec lits de silex, contenant des *Orthoceratites crepitaculum*, *Productus gigas*, *Euomphalus*, *Nautilus*, *Calamopora fibrosa*.

Les montagnes qui encaissent le Molodoï-Toud, affluent droit du Volga, présentent la composition suivante (coupe n° 3, Pl. I) :

1. Argile d'alluvion.
2. Argile gris-verdâtre.
3. Argile rouge, ocreuse.
4. Calcaire-blanc grisâtre, oolitique, friable, tachant, ayant 2 sag. (4^m,26) d'épaisseur, employé comme pierre à chaux.
5. Calcaire blano-jaunâtre, siliceux, oolitique, de 4 sag. (8^m,52) de puissance, avec *Productus antiquatus*, *Strombodes pentagonus*.
6. Calcaire blanc, compacte, ayant une épaisseur de 1 $\frac{1}{2}$ arch. (1^m,07), avec *Isocardia*, *Pinna costata* Phil., *Pecten distimilis* Phil., *Pecten pigmaeus*, *Bellerophon spec.*, *Orbiculus spec.*, *Unio (Sanguinolaria)*, *Gorgonia reticulum*. Ce calcaire passe par le bas à un calcaire encore plus compacte, gris foncé,

de $\frac{1}{4}$ arch. (0^m,53) d'épaisseur, avec *Productus antiquatus* et petites coquilles mal caractérisées.

7. Argile schisteuse.
8. Grès friable.
9. Houille terreuse, formant une strate de quelques verchoks.
10. Couche de marne de $\frac{1}{2}$ arch. (0^m,36) d'épaisseur, au niveau de la rivière.

Près du village de Botcharov, sur la rive gauche du Volga, affleure un calcaire argileux tendre, abondant en tiges d'encrinites, et surtout en *Productus Martini*, Sow., *Productus antiquatus*, *Nautilus*, *Spirifer*, et *Rhodocrinites verus*, bien conservés.

La coupe n° 4, Pl. I, figure un escarpement de 6 sag. (12^m,8) de haut, que présente le ruisseau de Pogorelkin, près du village de Bakmoutovo, sur la rive gauche du Volga.

1. Argile superficielle.
2. Calcaires blancs, siliceux, de compacité moyenne, contenant dans leurs strates inférieures des rangées régulières de silex.
3. Calcaire bleu-grisâtre, plus siliceux que le précédent, renfermant également un lit de cailloux noirs et jaunes.
4. Couche mince de calcaire foncé, très-compacte, rempli de fossiles que leur ténacité rend presque indéterminables.
5. Argile schisteuse.
6. Calcaire gris foncé, compacte, au niveau même du ruisseau, fissuré en grands prismes carrés ou rhombes, avec *Productus latissimus*, *Productus gigas*, *Strombodes pentagonus* et *Turbinolia*.

L'inclinaison des couches est de 8° vers le N. E.

La Dounka, qui se jette dans le Volga (rive droite), à 17 verstes de Rjev, a des bords verticaux de 3 $\frac{1}{2}$ sag. (7^m,47), entièrement formés sur toute leur hauteur d'assises calcaires.

La coupe n° 5, Pl. I, en fait voir la disposition.

1. Calcaires saccharoïdes, durs, à noyaux siliceux, fissurés en fragments irréguliers, reconpés çà et là par des fentes transversales et longitudinales manifestant une inclinaison de 7° vers le S. E.
2. Couche subordonnée d'énormes silex.
3. Couche de 1 arch. (0^m,71), au niveau du lit de la Dounka, formée d'un calcaire gris foncé, plus compacte que le précédent.

Les assises inférieures du calcaire saccharoïde et le calcaire n° 3 renferment principalement des *Productus gigas*.

Un peu avant Rjev, sur le Volga, les couches calcaires présentent de nouveaux affleurements, mais elles ne se montrent point assez à découvert, pour laisser juger exactement de leur ordre de superposition; on y trouve des *Productus antiquatus*, *Productus Martini*, *Strombodes pentagonus*, *Encrinites*, *Turritella* et *Terebratula*.

On observe près de Rjev sur le Volga, et surtout dans la petite rivière de Puirenka, un escarpement de calcaire ayant presque 10 sag. (21^m,33) de haut et divisé en couches de 1 arch. à 4 sag. (0^m,71 à 8^m,53) d'épaisseur, qui alternent avec des lits d'argile tendre et de silex; quelques bancs, et surtout ceux du milieu, abondent en *Productus priscus* et

en *Euomphalus*. Ce calcaire est blanc, parfois oolitique, le plus souvent compacte, argileux, légèrement tachant, facile à partager en fragments réguliers. La coupe n° 6, Pl. I, montre au milieu du calcaire les couches suivantes :

1. Argile superficielle.
2. Argile grise.
3. Argile grise.
4. Argile grise.

D'importantes carrières ont été ouvertes sur une des variétés du calcaire de Rjev. La pierre en est pure, à texture oolitique, pénétrée de lamelles spathiques. Elle fournit des chapiteaux, des colonnes, des marches d'escalier et en général toute espèce de pièces d'appareil.

Les bancs calcaires de Rjev se continuent sur les deux rives du Volga, jusqu'à Zoubtzov, sans variation remarquable. Près de Zoubtzov s'étendent de hautes falaises, verticales comme une muraille, qui après avoir d'abord formé la rive droite de la Vazonza, se continuent ensuite le long du Volga. Ces escarpements donnent la coupe n° 7, Pl. I.

1. Argile superficielle.
2. Sables quartzeux, de 4 sag. (8^m,53) d'épaisseur, contenant de gros cailloux roulés rouges et noirs, renfermant à leur partie supérieure des *Productus hemisphaericus*, *Spirifer mosquensis* et *Turritella* silicifiés, parfois entrecoupés de minces strates d'argile pyriteuse.
3. Argile bleue, passant par degrés à un grès bleu,

assez compacte, visiblement mélangé de parties calcaires qui lui donnent une apparence de chaux fluatée; des marnes calcaires avec *Euomphalus*, *Turbinolia*, et empreintes d'*Otarion Eichwaldi* établissent le passage de ces grès aux couches suivantes.

4. Marne siliceneuse.
5. Marne avec cailloux roulés.
6. Argile bleuâtre.
7. Marne blanche compacte.
8. Argile blanche marneuse, durcie.
9. Calcaire blanc, oolitique, tendre, à lamelles spathiques; ce calcaire forme une assise de $1\frac{1}{2}$ arch. (1^m,07) d'épaisseur; il se divise en gros blocs, et fournit d'excellentes pierres de taille; on y trouve, mais rarement, des *Favosites* et des *Bellerophon*.
10. Marne argileuse, rouge.
11. Marne calcaire, blanche, plus ou moins friable.
12. Argile bleue.
13. Marne blanche, tendre.
14. Argileschisteuse, rouge-carmin, ayant 5 sag. (10^m,67) et plus d'épaisseur.
15. Marne sableuse.

De Zoubtzov à Staritza, l'on rencontre exactement les mêmes couches que sur la Vazouza et le Volga. Les immenses carrières de Staritza mettent en évidence cette identité de composition. La seule différence qu'on observe dans les deux localités consiste en ce que les grands dépôts arénacés de Zoubtzov sont remplacés près de Staritza par des sédiments de calcaires, de marnes et d'argiles. On trouve dans les marnes de Staritza des *Spirifer mosquensis*, *Productus Martini*, *Cidarites*, *Or-*

thoceratites crepitaculum, *Rhodocrinites verus*; les calcaires oolitiques, qu'on exploite sur une très-grande échelle par galeries régulières, renferment des *Cyathophyllum*, *Turbinolia*, *Favosites* et *Bellerophon*.

Au-dessous de Staritza, les rives du Volga atteignent rarement une élévation suffisante, pour mettre à jour une grande épaisseur de couches; mais on en voit assez pour reconnaître qu'elles sont encore formées d'un calcaire identique avec celui de Staritza. J'ai trouvé au village de Vanichévaïa des *Productus Martini*, *Cidarites* et *Spirifer mosquensis*.

Les calcaires du Volga et les couches qui leur sont subordonnées ont une si faible inclinaison, qu'on peut les considérer comme une formation horizontale. Dans toute l'étendue que nous venons de décrire, le Volga présente, comme substances utiles, des argiles plastiques dont on fait de la poterie, et des calcaires qui fournissent de bonne chaux et des matériaux de construction (Rjev, Zoubtsov, Staritza). On a trouvé sur les bords du Molodoï-Toud, une couche de houille; mais elle n'a que 1 verch. (0^m,04) d'épaisseur, et elle est si près de l'eau qu'il serait fort difficile de l'exploiter. A voir la nature des calcaires du Volga, les fossiles qu'ils renferment, les argiles et schistes argileux qui les accompagnent et surtout la couche de combustible qu'on connaît à Molodoï-Toud, on peut

présumer qu'il existe des gisements houillers dans la partie du fleuve que j'ai visitée. Mais la houille, si elle y existe, doit s'y trouver à de grandes profondeurs, et pour en entreprendre la recherche avec quelque chance de succès, il faudrait posséder plus d'indications que les rives du Volga n'en fournissent jusqu'à ce jour. Les roches qui affleurent le long du Volga appartiendraient, si l'on ne considérait que certains caractères oryctognostiques et géognostiques, aux calcaires oolitiques. La nature des fossiles qu'elles contiennent doit, au contraire, les faire rapporter au calcaire de montagne, quoiqu'elles diffèrent assez de cette formation, tant par leurs caractères extérieurs qui les rapprochent souvent des terrains crayeux, que par l'absence des roches qui, comme les traumatés, les phyllades, les schistes siliceux, l'ardoise tabulaire, la houille, l'anthracite, sont ailleurs les représentants principaux et, pour ainsi dire, les représentants nécessaires du calcaire de montagne.

Les observations géologiques, auxquelles je me suis livré dans le courant d'octobre, m'ont prouvé que la partie du gouvernement de Moscou qui confine à celui de Toula, est principalement composée de calcaires que leurs fossiles (*Spirifer mosquensis*, *Turbinolia*, *Favosites*), plus que leurs caractères extérieurs, identifient avec les roches de la Msta et du Volga.

L'exploration des rives et des affluents du Volkhov a suivi celle du Volga et des gouvernements de Moscou et de Toula. Les bords du Volkov, depuis son embouchure dans le lac Ladoga jusqu'à près de Staraïa-Ladoga, sont constamment bas et presque toujours couverts de végétation. Ce n'est que par intervalles qu'on y voit affleurer un grès blanc, assez friable. Au-dessus de Staraïa-Ladoga, les rives commencent à s'élever. A 2 verstes d'Iliinsk, elles atteignent déjà 15 sag. (32^m), et forment des escarpements presque à pic.

L'on voit à Iliinsk la coupe n° 8, Pl. I.

1. Alluvion de 4 à 5 sag. (8^m,53 à 10^m,67) d'épaisseur.
2. Calcaire blanc-verdâtre, légèrement friable, fissuré.
3. Argile.
4. Calcaire.
5. Argile.
6. Calcaire.
7. Argile.

L'argile est rouge et verte. L'épaisseur des lits varie de $\frac{1}{2}$ arch. à 1 verch. (0^m,35 à 0^m,04); les fossiles sont plus abondants dans le calcaire que dans l'argile : on y distingue des *Orthoceratites vaginatus*, qui acquièrent parfois de très-grandes dimensions, des *Asaphus expansus*, des *Orthis pronites*, des *Euomphalus*, des *Pleurotomaria*, des *Favosites*, etc. Les couches sont horizontales, et leur ensemble atteint par places 10 sag. (21^m,33) d'épaisseur.

8. Calcaire compacte, rayé de jaune et de rouge, peu fossilifère.

Ce dernier calcaire affleure sur beaucoup de points de la rive gauche du Volkhov dans une éten-

due de 14 verstes, et jusqu'au ruisseau de Plotitchnui, un peu au-dessus de Bolchoï-Porog. On trouve des fossiles près du ruisseau d'Iavan, à 3 verstes d'Iliinsk. La grande ressemblance de ce calcaire avec celui de Saint-Petersbourg, et la nature des fossiles qu'il renferme, doivent le faire rapporter à l'étage silurien. Près du village d'Izvoz, on voit apparaître, sous le calcaire, un grès blanc qu'on pourrait appeler grès à Ongulites; une mince strate d'argile noire sépare les deux roches.

Les premiers affleurements que présente la rive droite du Volkhov sont ceux du village d'Oboukhov. La coupe n° 9, Pl. I, en fait voir la composition.

1. Argile superficielle.
2. Alternances d'argile et de calcaire, analogues à celles de la rive gauche; les strates y sont toutefois plus minces et moins multipliées; on y trouve les mêmes fossiles, et en outre quelques *Calymene*; l'épaisseur totale de ces assises est d'environ 5 sag. (10^m,67).
3. Calcaire assez compacte, rouge-jaunâtre, d'environ 1 $\frac{1}{2}$ arch. (1^m,07) d'épaisseur.
4. Calcaire tout à fait compacte, à cassure conchoïde; et moucheté de chlorite.

Au-dessus d'Oboukhov, les rives du Volkhov se dépriment légèrement et sont recouvertes de végétation jusqu'à Simonkov, où l'on retrouve le calcaire blanc-verdâtre d'Iliinsk, pour le suivre sans interruption pendant 2 verstes jusqu'à Zapolié, et de Zapolié jusqu'à Zaroutchié.

Près de Zaroutchié on voit (coupe n° 10, Pl. I) sous une couche mince de terre végétale :

1. Lits de fragments calcaires de $1 \frac{1}{2}$ sag. (3^m,20) d'épaisseur ; ces débris proviennent du calcaire sur lequel ils reposent; ils sont empâtés dans un sable argileux jaune.
2. Alternances d'argile et de calcaire compacte, blanc-verdâtre, très-peu fossilifère.
3. Calcaire crevasé, très-argileux, de couleur rouge et verte.
4. Calcaire gris, compacte, tout à fait pareil à celui des assises inférieures d'Oboukhov.

Un peu avant la cataracte du Volkhov, entre Michailo-Archangelsk et Pétropavlovsk, les deux rives du fleuve sont très-escarpées, et continuent de présenter les mêmes bancs calcaires. Le calcaire disparaît sur la rive droite, près du ruisseau de Zéletzk; à partir de ce point, il n'existe plus que dans le lit même du Volkhov.

Le calcaire du Volkhov, depuis Oboukhov jusqu'à Veltzui, se rapporte au système silurien. Au-dessus de l'île de Vuindin, vis-à-vis de Panev, apparaît pour la première fois, au-dessus du calcaire silurien, la formation du vieux grès rouge (système dévonien); cette formation s'étend sur les deux rives jusque près de Goroditchi, où elle disparaît sous des alluvions jusqu'à Sosninsk. La coupe n° 11, Pl. I, a été prise à Panev; elle fait voir :

1. Argile d'alluvion.
2. Argile bigarrée de $1 \frac{1}{2}$ arch. (0^m,89) de puissance,

avec fragments d'argile endurcie pénétrés de chaux carbonatée.

3. Calcaire assez compacte, entremêlé d'argile sur 6 verch. (0^m,27) de hauteur, rouge-verdâtre, riche en fossiles, tels que *Terebratula ambigua*, *Encrinites*, *Bellerophon*, *Spirifer trapezoidalis*, *Terebratula prisca*; les deux dernières espèces caractérisent le vieux grès rouge, au-dessous duquel on ne les a point encore vues descendre; ce calcaire a un tout autre aspect que le calcaire silurien précédemment décrit, et se trouve à un niveau plus élevé que ce dernier.
4. Grès verdâtre, de 8 verch. (0^m,35 d'épaisseur).

Les affluents du Volkhov et notamment la Vloa, l'Olomna, la Tchernaiâ, la Tigoda, la Pchevja, l'Oskouïa, ne laissent voir que des alluvions, des cailloux roulés et des blocs de transport. Les deux rives de la Kéresta, depuis Tchoudov jusqu'à Borovoë, montrent çà et là des affleurements d'un calcaire dans lequel on rencontre des *Terebratula micans*, *Terebratula prisca*, *Terebratula acuminata*, *Terebratula ventilabrum*, *Rhodocrinites verus*, *Spirifer rostratus*, *Spirifer macropterus*, *Spirifer attenuatus*, *Spirifer trapezoidalis*, quelques débris de végétaux non définis, et en outre des os d'*Holoptychus nobilissimus*; M. Murchison rapporte également ce calcaire au vieux grès rouge. Depuis Borovoë jusqu'au Volkhov, les bords de la Kéresta ne laissent plus apercevoir de calcaire.

La Polista présente sur sa rive droite, non loin de Potchivalov, à 17 verstes au-dessus de son embou-

chure, un affleurement figuré par la coupe n° 12, Pl. I :

1. Argile d'alluvion.
2. Alternances d'argile et de calcaire blanc-rougeâtre, compacte, peu fossilifère, d'environ 13 verch. (0^m,57) d'épaisseur.
3. Argile.

Un peu plus bas, sur la rive gauche de la rivière, près du moulin du général Stegman, on observe la coupe n° 13, Pl. I, où l'on voit :

1. Argile d'alluvion.
2. Calcaire recouvert par un lit de débris calcaires, peu fossilifère, exploité pour moellons et pierres de taille.
3. Argile.

Quoique nous n'ayons reconnu aucune trace de houille sur le Volkhov, il n'est cependant aucun point du gouvernement de Novgorod, qui donne autant d'espoir d'en découvrir. Cet espoir s'appuie sur le caractère des roches que recoupe le fleuve, et surtout sur leurs rapports avec les formations qu'on rencontre plus au midi. Mais il ne faut point se dissimuler que des recherches de houille dans cette région demanderaient à être conduites avec une grande continuité et à des profondeurs considérables. La contrée qu'arrose le Volkhov appartient, ainsi que je l'annonçais l'été passé, et comme l'a confirmé depuis M. Murchison, au vieux grès rouge.

En allant de Schlüsselbourg à Novaïa-Ladoga, le voyageur remarque les belles carrières de Poutilov. On en tire un calcaire très-compacte, dont l'exploitation occupe journellement 3000 ouvriers. Les pierres sont transportées l'hiver, jusqu'au canal Ladoga, et amenées l'été, par eau, jusqu'à Saint-Petersbourg. *L'Orthis cincta* est le fossile le plus abondamment répandu dans le calcaire de Poutilov. Voici d'ailleurs la nature et l'ordre des bancs qui composent le terrain. Au-dessous d'un sable argileux d'alluvion, de 1 sag. (2^m,73) d'épaisseur, on trouve une couche de calcaire de 8 verch. (0^m,35), puis 6 verch. (0^m,26) d'argile dure un peu marneuse, puis 7 verch. (0^m,31) d'argile bigarrée, rouge et verte, partagée en son milieu par une bande de 3 verch. (0^m,13) d'argile jaune, dure, un peu marneuse, puis environ 8 verch. (0^m,35) d'argile plus dure encore que les précédentes; et enfin le calcaire dont l'épaisseur atteint environ 1 sag. (2^m,13) et qui se divise en deux bancs, dont le premier est blanc-grisâtre, très-compacte, chlorité, peu fossilifère, et dont le second est rouge-verdâtre, ou de nuance bigarrée.

J'ai annoncé au commencement de ce mémoire que des travaux de recherche avaient été entrepris en 1840 sur plusieurs points du gouvernement de Novgorod; en voici les résultats.

Sur les rives de la Vuichéra, près du village de Rouchin, où l'on voit affleurer par places des ar-

giles schisteuses foncées, quelques tranchées ont mis à découvert un calcaire compacte, rempli d'Encrinites; mais le niveau auquel on l'a rencontré était si rapproché de celui de la rivière, qu'on n'aurait pu sans de très-grandes difficultés continuer les recherches à une plus grande profondeur.

La montagne d'Orehovka, qui avait déjà été en 1839 l'objet de travaux considérables, a paru mériter encore de nouvelles recherches; un puits a été creusé vers le pied de la montagne jusqu'à 17 sag. 2 arch. (37^m,69) au-dessous du jour. A cette profondeur, on n'avait encore rencontré que du sable et surtout une argile liante, de couleur grise, formant une couche irrégulière, demi-verticale et si puissante qu'elle occupait 14 sag. (29^m,87) de la hauteur du puits. On rencontra dans cette argile des empreintes de *Lepidodendron*, de *Knorria*, de *Stigmara* et de *Calamites Suckowii*, des fragments de bois bitumineux, quelques strates très-minces de houille ligneuse et de nombreux fragments de pyrite et de sphérosidériles. La constance avec laquelle se reproduisaient de distance en distance ces indices houillers, entretenait l'espoir d'atteindre ici quelque couche de combustible, lorsque, à la 17^e sagène, apparurent le sable et l'eau. La présence de sables liquides ne prouvait sans doute point l'absence de la houille; mais elle offrait de grandes difficultés pour la continuation du travail, surtout avec des ouvriers inhabiles et

craintifs qui, pour descendre à une plus grande profondeur, ne demandaient pas moins de 400 roubles par sagène. Cette raison, jointe à l'incertitude qui régnait sur la profondeur, sur l'épaisseur et sur la qualité des couches de houille, a fait considérer comme inutile la continuation du nouveau puits d'Orekhovka. Il en est donc de cette dernière tentative comme des précédentes, qui, bien que menées à une profondeur considérable, n'ont jusqu'ici jamais donné d'heureux résultats (Pl. II, fig. 1, 1 bis, 1 ter).

On a foncé, près du village de Tchoudov, un puits de 5 sag. (10^m,60) de profondeur destiné à faire connaître la structure du sol qu'arrose le Volkhov. Ce puits a traversé des schistes argileux, et atteint un calcaire avec *Spirifer attenuatus*, *Platycrinites lævis*, *Terebratula micans*, etc., dont la dureté, jointe à l'affluence des eaux et à l'impéritie des ouvriers, a occasionné l'abandon du travail (Pl. II, fig. 2 et 2 bis).

Le gîte houiller de la Prouikcha a été, pendant l'été de 1840, l'objet d'actives recherches. 15 galeries ont été poussées, suivant toutes les directions, dans une étendue qui comprend 1216 sag. car. (5524^m,07), dont 38 sag. (81^m,09) dans le sens de la direction, et 32 sag. (68^m,29) dans celui de l'inclinaison du gîte.

La couche de houille, dans les recherches en di-

rection, atteint partout une épaisseur de 31 verch. (1^m,37), se divise uniformément en veines et conserve constamment la même qualité. Il n'en est point de même dans l'amont-pendage, qui est ici de 3 heures S. O. En effet, la couche va, dans ce sens, en s'amincissant jusqu'à n'avoir plus que 16 verch. (0^m,71) de puissance, et la houille en devient argileuse, tendre et pyriteuse. Dans l'aval-pendage, au contraire, qui est de 3 heures N.E., elle conserve sa première épaisseur de 31 verch. (1^m,37), et continue de former trois veines, dont la première et la dernière donnent une houille lustrée, et améliorent la qualité moyenne de la masse. Le charbon de la veine intermédiaire est argileux, brûle lentement et s'embrase très-difficilement sans le secours d'un courant d'air. Celui des deux autres veines est beaucoup plus combustible, donne une flamme longue et intense, et ne laisse que $\frac{1}{10}$ de résidu.

Les fig. 3, 3 bis et 3 ter, Pl. II, donnent le détail des travaux et des couches recoupées. La légende suivante en complète l'intelligence.

1. Argile bleue, plastique.
2. Sable.
3. Grès calcaire, friable.
4. Sable.
5. Veine de houille.
6. Argile schisteuse avec *Lepidodendron Nefhodievi*,
Calamites Suckowii, *Stigmaria ficoides*.
7. Veine de houille.
8. Argile bleue, plastique.
9. Veine de houille.

10. Argile pareille à celle de la couche n° 6.
11. Grès calcaire.
12. Argile calcaire, verte.
13. Grès ossifère avec corselets et dents de poissons.
14. Argile calcaire, verte, avec os d'*Holoptychus nobilissimus*.
15. Argile calcaire, verte.
16. Argile ferrugineuse, rouge.
17. Grès calcaire.
18. Argile calcaire, verte, avec os et dents d'animaux analogues au *Mastodonosaurus*.
19. Calcaire de la Pronikcha, avec *Strophomena*, *Orthoceratites ornatus*, *Cyathocrinites pinnatus*, etc.

La houille de la Prouikcha n'a paru propre au travail de la forge, que pour les pièces de petites dimensions. Le chauffage constitue donc son véritable et son meilleur emploi.

L'application qu'on en a faite au chauffage domestique, en 1840 et en 1841, dans le village de Chérékhovitch, a fait voir qu'elle ne produit dans les maisons ni odeur désagréable, ni vapeur incommode; qu'elle peut être employée à la cuisson du pain et des mets avec la même facilité que le bois, et qu'elle ne communique pas la moindre odeur de charbon à ces aliments. Pour bien chauffer en hiver une maison de paysan (*izba*), faire la cuisine et cuire le pain, on ne brûle guère plus de $1 \frac{1}{2}$ poud (24^k,56) par jour. Les habitants de Chérékhovitch ont été témoins du parti avantageux qu'on peut tirer du charbon de la Prouikcha dans un

fourneau russe (à grilles); aussi les préjugés contre lesquels ce combustible avait à lutter, ont presque entièrement disparu, et l'on peut espérer en obtenir sur les lieux mêmes un débit d'autant plus avantageux, que le bois manque dans les environs.

Le charbon produit par les recherches de la Prouikcha, après avoir été soigneusement débarrassé des parties pyriteuses et terreuses, a été expédié pour essai à Saint-Petersbourg; la livraison montait à 5850 pouds (95.776^k). On l'a essayé sous les chaudières à vapeur, à la fonderie d'Alexandrovsk et dans la manufacture de M. Reut.

Les expériences commencèrent à la fonderie d'Alexandrovsk, le 16 janvier. On se servit de la chaudière à vapeur des ateliers de platinerie et de serrurerie; on employa, pour augmenter le courant d'air, un ventilateur mû par la machine de la platinerie. L'expérience a duré depuis 6 heures du matin jusqu'à 8 heures du soir, et la force de la vapeur s'est, pendant ce temps, constamment tenue entre 3 et 3 $\frac{1}{2}$ livres de pression par pouce carré. On brûla 169 pouds (2767^k) de houille. La production de vapeur suffisait à la marche de deux machines à vapeur, ayant chacune 6 chevaux de force. Les expériences recommencèrent le 17 du même mois; on brûla 166 pouds (2718^k) de houille; la vapeur se tint constamment à la même pression que la veille. Ces essais ayant été faits dans un four construit pour être chauffé au bois, on ap-

porta quelques modifications à sa construction, et après qu'il eut été disposé dans le genre de ceux qu'on alimente avec de la houille, les essais furent repris le 20 janvier et continués pendant 4 jours. Le 20, on brûla 138 pouds (2259^k) de houille; le 21, 126 pouds (2063^k); le 22, 126 pouds (2063^k); et le 23, 125 pouds (2047^k). La vapeur se soutint toujours à 3 $\frac{1}{2}$ livres de pression.

Dans la manufacture de M. Reut, la houille de la Prouikcha a été essayée pendant 2 jours (le 22 et le 23 janvier), sous une machine à vapeur construite dans le système de Watt, et susceptible de donner une force de 30 chevaux. La machine travaillait chaque jour 13 heures, à la force de 20 chevaux; elle mettait en mouvement le mécanisme des ateliers de broyage, de cardage, de filage et de tissage; la vapeur s'est constamment tenue entre 5 et 3 $\frac{1}{2}$ livres de pression, pression tout à fait suffisante pour la marche de la fabrique. Le premier jour, on consumma 274 pouds (4486^k), et le second, 145 pouds (2374^k); cette grande différence de consommation tient à ce que la chaudière et le fourneau n'ayant pas été chauffés depuis plus de trois mois, étaient froids et ont par conséquent exigé beaucoup plus de combustible le premier jour. M. Terweder, mécanicien, chargé de diriger la partie de la manufacture où les essais ont été faits, affirme que pour produire une force de 20 chevaux pendant 13 heures, il faut brûler 60 pouds (982^k)

de bonne houille anglaise, lesquels coûtent, à raison de 30 kop. ass. le poud, la somme de 18 roubles; en admettant qu'on brûle, pour produire le même effet, 145 pouds (2374^k) de houille de la Prouikcha, cette dernière ne pourrait lutter contre la houille anglaise qu'à la condition de ne point coûter plus de 12 kop. ass. le poud. Mais on sait que chaque force de cheval exige aujourd'hui dans les machines à vapeur une consommation de 12 liv. (4^k, 91) de bonne houille par heure. Il faut donc en réalité pour développer une force de 20 chevaux, pendant 13 heures, consommer non pas 60 pouds (982^k), mais 80 pouds (13,10^k) de bonne houille anglaise, lesquels, coûtant 45 kop. ass. le poud d'après les prix courants, reviennent à 36 roubles ass. Il en résulte que la houille de la Prouikcha peut valoir jusqu'à 25 kop. ass. le poud, pour lutter avec la houille anglaise, sous le rapport économique.

Il était intéressant de comparer l'emploi de la houille de la Prouikcha et celui du bois, dans la fonderie d'Alexandrovsk. Deux machines à vapeur, de 6 chevaux chacune, consomment en 13 heures 1 $\frac{1}{2}$ sag. de bois de sapin et de pin, et occasionnent ainsi une dépense de 30 roubles ass. Le même travail exigeant 125 pouds (2047^k) de houille de la Prouikcha, il faut, pour que la dépense soit la même, que la houille revienne à 24 kop. ass. le poud.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer mènent aux conclusions suivantes :

1° La houille de la Prouikcha peut incontestablement, sous le rapport technique, être employée au chauffage des machines à vapeur. Il faut aider à sa combustion par l'action d'un ventilateur, quand la cheminée de la machine est basse. Le ventilateur est inutile dans le cas de cheminées élevées, comme celles de la manufacture de M. Reut. Il est d'ailleurs présumable, qu'en appropriant la disposition des foyers à la nature du charbon, on diminuerait la consommation trouvée lors des essais.

2° La houille exploitée en 1840 a une plus belle apparence et est d'un meilleur emploi que celle de l'année précédente. On n'a éprouvé, en l'essayant, aucun des accidents que l'abondance des cendres et la présence des pyrites avaient précédemment occasionnés. L'amélioration de produits qu'on a obtenue en s'enfonçant à une plus grande profondeur et en triant soigneusement le charbon, permet d'espérer qu'à un niveau plus bas encore, la houille de la Prouikcha continuera de gagner en qualité et deviendra d'un emploi beaucoup plus économique qu'elle ne l'est aujourd'hui.

EXCURSION GÉOLOGIQUE

DANS LES GOUVERNEMENTS DE MOSCOU, DE TOULA, D'OREL
ET DE KALOUGA.

(PLANCHE II, FIG. 4.)

PAR LE LIEUTENANT-COLONEL HELMERSEN.

J'ai publié, dans le Journal des mines, années 1840 et 1841, les principaux résultats des explorations géologiques que j'avais entreprises en 1839 et en 1840, dans les gouvernements de Saint-Pétersbourg, de Novgorod, de Pskov et de Tver. J'ai fait voir que, sauf les alluvions superficielles, cette partie de la Russie ne présente que des formations très-anciennes, telles que le terrain silurien, le vieux grès rouge et le calcaire carbonifère. Au point de vue pratique, mon attention s'est principalement portée sur les couches de houille qu'on trouve, en plusieurs points du plateau de Valdaï, dans le calcaire carbonifère. Les rives de la Msta, au-dessous de Borovitchi, et celles de la Prouikcha, affluent de la Bélaïa, qui se jette elle-même dans la Msta, offrent d'excellents affleurements, où l'on voit les couches de houille et d'argile reposant sur le vieux

grès rouge et recouvertes par le calcaire carbonifère. Cette disposition ne permet point de douter que les couches houillères n'appartiennent ici à la base du calcaire carbonifère.

L'exploration des rives du Volga supérieur jusqu'à Rjev m'avait fait découvrir, en 1839, l'étage supérieur du calcaire carbonifère, étage que caractérise le *Spirifer mosquensis* (*Choristites mosquensis*, Fisch.), et où ne se rencontre aucun des fossiles propres à l'étage inférieur, tels que le *Productus gigas* et le *Stigmara ficoides*, etc. Je n'avais d'ailleurs trouvé nulle part aucune trace du terrain houiller proprement dit.

On m'adjoignit en 1840 quatre officiers, avec mission de continuer mes observations sur le Volga supérieur, à partir du point où je les avais laissées l'été précédent, et de prolonger mes recherches dans la direction de Moscou, de Toula et de Koulouga, pour y explorer les gisements houillers trans-moscoviens, et déterminer la nature des terrains de cette contrée.

Nous nous rendîmes d'abord à Staritza, ville située sur le Volga supérieur, où nous trouvâmes les marnes et les calcaires que j'avais vus l'année précédente à Rjev. Ces couches marneuses et calcaires renferment de nombreux fossiles, notamment le *Spirifer mosquensis*, le *Cidaris*, le *Strombodes pentagonus* et le *Chætetes radians*; elles forment,

comme nous le verrons plus tard, l'étage supérieur du calcaire carbonifère.

De Staritza, nous nous dirigeâmes par Volokolamsk sur Moscou, et après avoir exploré les environs de cette ville et notamment les affleurements jurassiques de Khorochovaïa, nous prîmes le chemin de Toula.

Nous explorâmes, sur la route, les rochers de la Pakra dans les environs de Podol, et les bords de l'Oka près de Serpoukhov. Les lieutenants Müller et Sokoloff, que je chargeai de visiter les rives de la Pakra, entre Podol et son embouchure dans la Moskowa, à Miatchkov, ont retrouvé, tout le long de la rivière, les couches de calcaires et de marnes que nous avons déjà observées à Podol; ces couches sont entièrement semblables à celles de Staritza, et l'on doit également les rapporter à l'étage supérieur du calcaire carbonifère. Au S. de Podol, ces terrains disparaissent, et l'on voit sur la rive gauche de l'Oka, des couches horizontales qui diffèrent des précédentes et par leur aspect et par leurs fossiles : ce sont des argiles bigarrées, des calcaires gris et des argiles schisteuses renfermant des *Productus Martini*, des *Terebratula* et des tiges d'*Encrinites*. Nous établirons plus loin les relations de ces couches avec celles de Staritza et de Podol.

Les alentours de Toula sont si pauvres en affleurements, qu'il serait difficile d'établir l'âge des

calcaires qu'on y exploite, si des recherches de houille entreprises dans les environs de la ville n'avaient fait voir que ces calcaires alternent avec des couches de charbon, et appartiennent en conséquence à l'étage inférieur du calcaire carbonifère. Les travaux d'extraction qui ont été ouverts près de Toula sont maintenant comblés et ne peuvent plus fournir aucune lumière sur la constitution géologique du pays.

Pour mieux connaître la composition et l'allure qu'affecte ici l'étage inférieur du calcaire carbonifère, je chargeai MM. Müller et Sokoloff d'explorer le pays compris entre Toula et Vénev, tandis que je me dirigeai moi-même vers Odoev, par Slobodka, Vialin et Tatev. MM. Müller et Sokoloff n'ont rencontré aucun affleurement entre Toula et Vénev; mais ils ont vu à Krouslovka et à Biakova, sur la Vénevka, affluent de l'Ocetr, et sur l'Ocetr lui-même, un calcaire renfermant des *Productus gigas*, des *Productus valdaicus* et des coraux du genre des *Strombodes* et des *Cyathophyllum*. Quoique ces calcaires appartiennent évidemment à l'étage du calcaire carbonifère, MM. Müller et Sokoloff n'y ont trouvé aucune trace de charbon. Il n'en est point de même au S. O. de Toula, dans le district d'Odoev, où plusieurs couches de houille font l'objet de recherches organisées par le lieutenant colonel Oliviéri, notamment à Slobodka, à Vialin et à Tatev, domaine de la couronne.

Les environs de Slobodka présentent peu d'affleurements; on peut néanmoins, à l'inspection de quelques tranchées naturelles et par la considération des débris organiques qu'on y trouve, déterminer à quel étage de terrains appartient ici le gîte de charbon. La houille forme deux veines, dont l'une atteint 1 arch. (0^m,71) de puissance; elle est comprise dans une argile gris-bleuâtre, recouverte par des couches de grès friable, de calcaire et d'argile bleue. Les calcaires renferment des *Productus gigas*, des *Productus conoides* et des *Bellerophon*; on y trouve en outre un grand nombre de fossiles silicifiés très-bien conservés, tels que le *Productus costatus*, le *Productus scabriculus*, le *Strombodes pentagonus*, le *Chætetes radians* Fisch., le *Cyathophyllum*, la *Sanguinolaria sulcata*, et des tiges d'*Encrinites*.

A Vialin, sur la Soukhaïa-Kolodenka, l'on trouve une couche de houille qui a 1 $\frac{1}{4}$ arch. (0^m,89) de puissance à son affleurement; elle manifeste une légère inclinaison vers l'O., et est recouverte par une argile plastique grise. La houille qu'elle fournit renferme peu de pyrite, a une assez grande compacité, est légère, brûle facilement non-seulement dans un fourneau, mais en tas et à l'air libre, donne une flamme vive, et laisse une cendre blanche et légère. C'est la meilleure qualité de houille que nous ayons vue dans la contrée, et il est à regretter que le gîte en soit aussi éloigné de toute rivière navi-

gable. On peut affirmer sans crainte, que la houille de Vialin remplacerait parfaitement le bois sous les chaudières de machines à vapeur. La galerie de recherche ouverte dans le gîte sous la direction de M. Olivieri avait atteint 14 sag. (29^m,87) de longueur, quand nous la visitâmes le 1^{er} juillet 1840.

Sur la route de Vialin à Tatev, nous reconnûmes près de Pavlovskoë; dans un ravin profond qui se dirige vers l'Oupa, les affleurements de couches alternatives de calcaire fétide, d'argile et de marne; elles paraissent contemporaines des couches de Serpoukhov, et de celles qui forment les escarpements de l'Oupa, aux environs de Tatev et de Philimonov.

A une demi-verste de Tatev, on trouve un gîte houiller, dans lequel on a pratiqué une galerie de recherche; mais la houille qu'il fournit est argileuse et divisée en strates très-minces. Ce gîte donne peu d'espoir.

J'ai été vivement frappé, pendant mon séjour à Slobodka, de la parfaite ressemblance que présente le gîte houiller de cette localité avec celui de la Prouikcha, que j'ai décrit dans le Journal des mines de 1840. A Slobodka comme sur la Prouikcha, les veines de houille sont comprises dans une argile grise, recouverte par un grès friable et par un calcaire renfermant le *Productus gigas*, coquille caractéristique de l'étage inférieur du calcaire carbonifère. La seule différence est qu'à Slobodka on

n'aperçoit nulle part le vieux grès rouge sous les couches de houille.

Si les couches de Staritsa et de Podol, où l'on trouve le *Spirifer mosquensis*, constituent l'étage supérieur du calcaire carbonifère, et les couches de Toula et de Slobodka l'étage inférieur de cette formation, nous devions espérer trouver le système dévonien au mur, c'est-à-dire, au milieu des couches de Toula, et nous nous dirigeâmes en conséquence vers Orel par Odoev, Bélév et Bolkhov. Notre attente ne fut pas trompée. M. Sokoloff, qui m'accompagnait dans cette excursion, découvrit près d'Orel, dans un ravin qui se dirige vers l'Oka, une couche de grès, qui, dès les premiers coups de marteau, lui offrit des débris d'*Holoptychus nobilissimus*, fossile caractéristique de l'étage dévonien. Ce fait est nouveau et a de l'importance, plus encore peut-être au point de vue pratique que sous le rapport scientifique.

Guidé par de simples caractères paléontologiques (*) j'avais déjà annoncé dans le Journal des mines, que les gîtes carbonifères des environs de Moscou étaient contemporains de ceux de Borovitchi et de la Prouikcha dans le gouvernement de Novgorod, et que par conséquent le terrain houiller

(*) Il existe depuis longtemps dans le musée de l'école des mines des fossiles provenant des gouvernements de Moscou et de Toula.

proprement dit n'existait pas dans cette partie de la Russie européenne. Il est actuellement démontré que tous ces gîtes de combustible sont subordonnés aux couches inférieures du calcaire carbonifère, lesquelles reposent immédiatement sur le système dévonien; quelques observateurs les avaient rangées dans le terrain houiller, mais ils n'ont pas tardé à reconnaître leur erreur.

D'Orel, nous nous dirigeâmes sur Likhvin, en passant par Bélev. La superposition du calcaire carbonifère sur le vieux grès rouge doit se trouver dans cet intervalle; nous n'avons toutefois pu parvenir à la déterminer avec exactitude. Les marnes blanches et les calcaires, dont nous avons vu des affleurements à Bélev sur la rive gauche de l'Oka, ne renferment point de fossiles, et il nous a été par conséquent impossible de définir à quelle période géologique ils appartiennent.

Nous retrouvâmes dans les environs de Likhvin l'étage inférieur du calcaire carbonifère. Près du village de Zélénina appartenant à M. Ergolski et situé à 4 verstes de la ville, nous vîmes dans un profond ravin qui se dirige vers la Bolchaïa-Gernovka, les affleurements de trois couches de houille, dont la première ou la plus élevée a $\frac{1}{2}$ arch. (0^m,53), la seconde 10 verch. (0^m,44), et la troisième 1 sag. (2^m,13) de puissance. Au-dessous de cette dernière couche, M. Oliviéri en a découvert une quatrième qui a 2 arch., 2 verch. (1^m,51)

d'épaisseur. Toutes ces couches, qui alternent avec de l'argile grise et noirâtre, ont une inclinaison de 12° vers le sud. La houille en est légèrement argilense, feuilletée, mais peu pyriteuse; il est très-possible d'en tirer parti, à en juger par les essais que nous en avons faits sur place, dans un petit fourneau construit par M. Olivieri. Elle est, il est vrai, inférieure en qualité à la houille de Vialin; mais on peut la mettre sur la même ligne que celle de la Prouïkcha; la seconde couche paraît la meilleure des quatre. Nous avons visité dans le village de Zélénina les travaux de recherche organisés par M. Olivieri; ces travaux comprennent un puits, des galeries de recherche et plusieurs trous de sonde. Ce n'est toutefois point sur les lieux mêmes qu'on peut étudier le gisement houiller; car on n'y voit que les couches de combustible et l'argile avec laquelle elles alternent. Mais sur la route de Bélev, à une verste de Likhvin, nous avons trouvé près d'une ancienne carrière, une multitude de blocs d'un calcaire blanc et grisâtre, renfermant des *Nautilus*, *Bellerophon*, *Orthoceras*, *Productus antiquatus*, et appartenant en conséquence au calcaire carbonifère. Les couches de houille de Zélénina ayant une inclinaison de 12° S., et leurs affleurements se trouvant à 3 verstes N. de la carrière, il en résulte qu'elles sont inférieures aux couches de la carrière, et que le gîte carbonifère de Zélénina appartient non pas au terrain houiller,

mais au calcaire carbonifère. Ce gîte mérite d'ailleurs de fixer l'attention, non-seulement à cause de son importance, mais aussi par sa proximité de l'Oka, qui n'en est qu'à 2 verstes et qui permettrait de transporter facilement par eau le charbon jusqu'à Moscou.

Après avoir visité les environs de Likhvin, nous partîmes le 11 juillet pour Kalouga et Alexin. Dans tout cet intervalle, l'étage inférieur du calcaire carbonifère affleure fréquemment sur les bords de l'Oka. Nous l'avons observé : entre Likhvin et Kalouga, dans le village de Zimanitzui ; dans la ville de Kalouga et dans un ravin situé près du couvent de Saint-Laurent, à 2 verstes de Kalouga ; entre Kalouga et Alexin, sur la Kamola, dans les villages de Goriainov, de Liouboutskoë et de Kievztui, et enfin aux environs mêmes d'Alexin. Ces affleurements sont très-uniformes et appartiennent invariablement à l'étage inférieur du calcaire carbonifère.

Le gîte carbonifère de Slobodka, et en général tous ceux que nous venons de passer en revue, manifestent la plus grande ressemblance avec celui de la Prouikcha ; la seule différence est que, dans les gîtes de l'Oka, les couches de houille et d'argile alternent avec des couches de calcaire carbonifère, ce qui n'a lieu ni sur la Prouikcha, ni sur la Msta. Ces alternances n'ont toutefois qu'une médiocre importance, car leur puissance totale dépasse ra-

rement 2 ou 3 pieds (0^m,61 à 0^m,91). Ces alternances s'observent très-distinctement dans le ravin du couvent de Saint-Laurent, où l'on voit deux ou trois couches de houille comprises dans une argile grise qui alterne avec de minces strates de calcaire contenant des *Productus gigas*, des *Bellerophon* et des empreintes végétales. Des calcaires identiquement semblables affleurent sur les bords de l'Oka, dans Kalouga même; ils ont tous les caractères minéralogiques et zoologiques des calcaires qui reposent immédiatement sur les couches de houille dans les environs de Borovitchi et sur la Prouikcha, et sont par conséquent contemporains de ces derniers.

Les couches de calcaire que nous avons trouvées près de l'embouchure de la Kamola, sur la rive gauche de l'Oka, présentent un grand nombre de tiges et d'empreintes de *Stigmaria ficoides*. On ne trouve point de couches de houille dans cette localité, ce qui prouve que les végétaux de cette période ne se sont pas toujours transformés en combustible fossile.

La rive droite de l'Oka forme, dans la ville d'Alexin, une colline de 200 pieds (61^m) de hauteur qui présente encore plus d'intérêt que les coupes précédentes; car on y trouve non-seulement l'étage inférieur, mais aussi l'étage moyen du calcaire carbonifère. Ce dernier étage est caractérisé par les fossiles suivants: *Productus Martini*, *Spirifer gla-*

ber, *Spirifer resupinatus*, *Terebratala* et tiges d'*Encrinites*. Les marnes et les calcaires qui, à Alexin, renferment ces fossiles sont, je crois, contemporains du terrain de Serpoukhov que j'ai décrit ailleurs; mon opinion se fonde sur ce que les couches de Serpoukhov renferment également des *Productus Martini*, des *Spirifer glaber* et des *Encrinites*. Les couches inférieures d'Alexin sont caractérisées par la présence du *Productus gigas* et par des argiles carbonifères.

Après avoir visité les environs d'Alexin, nous remontâmes l'Oka jusqu'à Goriaïnov, pour visiter les gîtes houillers de Kievztzui et de Liouboutskoë. Ces gîtes n'offrent rien d'extraordinaire sous le rapport géologique; mais on y voit nettement la superposition d'énormes masses de calcaire carbonifère sur les couches de houille. Quant à la houille, elle y est très-susceptible d'emploi; on rencontre même à Kievztzui des couches minces d'un très-bon charbon, qui ne le cède en rien pour la qualité à celui de Vialin. Nous avons trouvé à Goriaïnov une couche épaisse de grès quartzeux très-compacte, présentant des empreintes de *Stigmaria ficoides*, de *Lepidodendron*, de *Calamites*, et paraissant appartenir à l'étage moyen du calcaire carbonifère. Ce grès est employé dans quelques fonderies pour meules ou pour pierres de construction.

A Kievztzui, de même qu'à Alexin, les couches

affectent une inclinaison générale de 12° à 15° vers le N. N. E.

Le but de ma mission était rempli; j'avais exploré en détail les plus intéressants gîtes de houille transmoscoviens, et fait connaître la nature des terrains qui les renferment. Je partis en conséquence d'Alexin, et revins par Taroussa, Troïtzk, Serpoukhov et Moscou à Saint-Pétersbourg, où j'arrivai le 27 juillet.

Voici en résumé les principaux résultats de mon excursion. (Voir planche II, fig. 4.)

1° Dans la région de Moscou, les couches de houille et les calcaires qui leur sont associés, sont tous contemporains des gîtes houillers du gouvernement de Novgorod, et appartiennent non pas au terrain houiller proprement dit (coal measures), comme l'ont cru quelques observateurs, mais à l'étage inférieur du calcaire carbonifère.

2° Le calcaire carbonifère des gouvernements de Novgorod, de Tver, de Moscou, de Toula et de Kalouga remplit un immense bassin; le fond de ce bassin est formé par le vieux grès rouge, et les affleurements de ce dernier en dessinent les bords dans les montagnes de Valdaï et dans le gouvernement d'Orel.

3° Le calcaire carbonifère qui remplit ce bassin peut être considéré comme formant trois étages : l'étage inférieur, caractérisé par la présence de la

houille et du *Productus gigas*; l'étage moyen, caractérisé par le *Spirifer resupinatus*, le *Spirifer glaber*, le *Productus Martini* et des *Terebratula*; enfin l'étage supérieur, formé de calcaires et de marnes blanches crayeuses, renfermant des *Spirifer mosquensis* et des pointes de *Cidaris*. Aux environs de Moscou, l'étage supérieur du calcaire carbonifère est immédiatement recouvert par le terrain jurassique.

4° De tous les points de la Russie européenne que j'ai visités, aucun ne m'a offert de traces du terrain houiller proprement dit.

5° Dans le gouvernement de Novgorod, comme dans ceux de Toula et de Kalouga, les couches de houille ne sont qu'un accident. Elles ne constituent point un élément constant du calcaire carbonifère.

6° Les gîtes les plus intéressants des gouvernements de Toula et de Kalouga sont jusqu'à ce jour :

Le gîte de Vialin, dans le district d'Odoev, à cause de l'excellente qualité de son charbon ;

Le gîte de Zélénina, près de Likhvin, à cause de l'abondance et de la qualité de son charbon.

Enfin les gîtes des environs d'Alexin, sur l'Oka.

RECHERCHES DE HOUILLE
DANS LES GOUVERNEMENTS DE KALOUGA, DE TOULA
ET DE MOSCOU.

(PLANCHE II, FIG. 5.)

(Suite (*).)

PAR LE LIEUTENANT-COLONEL OLIVIERI.

L'Annuaire du journal des mines de Russie, année 1840, renferme un mémoire sur les recherches de houille faites dans les gouvernements de Kalouga, de Toula et de Moscou; mais les renseignements qu'il fournit ne vont point au delà l'année 1817, époque à laquelle les travaux d'exploration minéralogique passèrent sous la direction du ministère de la guerre. Le ministère de la guerre ayant aujourd'hui transmis ses dossiers à l'état-major des mines, nous en avons fait l'extrait qu'on va lire.

Préoccupée de l'importance que pouvaient prendre les gîtes houillers reconnus dans les gouvernements de Toula et de Kalouga, feu S. M. l'empereur Alexandre avait chargé, en 1817, l'ambassadeur près

(*) Voir l'Annuaire du journal des mines de Russie, année 1840, p. 131.

la cour de Londres, M. le comte Lieven, d'envoyer d'Angleterre un homme parfaitement versé dans la théorie et la pratique de l'exploitation de la houille. Le comte Lieven traita, dans le mois de juin de la même année, avec un Anglais nommé Longmeier, qu'il adressa avec quatre ouvriers, Anglais aussi, au général d'artillerie comte Araktchéeff. Il était décidé, entre autres conventions :

1° Que Longmeier consacrerait tout son temps et toutes ses connaissances, non-seulement à l'exploration et à l'exploitation des gîtes houillers, mais aussi à tous les détails accessoires du travail, tels que levés de plans, construction de chemins de fer, projets de canaux, etc.

2° Qu'il resterait trois ans au service, lui et ses ouvriers ; qu'ils recevraient leurs appointements, partie en Russie, partie en Angleterre, au taux de 800 livres sterling par an pour Longmeier, de 90 livres pour chacun des ouvriers, et de 65 livres pour un expéditionnaire.

3° Que si Longmeier, après avoir servi ses trois années, du 1^{er} juin 1817 au 1^{er} juin 1820, ne renouvelait point son engagement, il recevrait, outre ses frais de voyage jusqu'à Saint-Petersbourg, 16 livres sterling pour son retour en Angleterre et un mois d'appointements (1600 rbls ass.).

Le conseil des ministres décida en outre, le 17 août 1817, que Longmeier et ses ouvriers étant chargés d'une mission principalement utile à la fa-

brique d'armes de Toula, dépendraient exclusivement du ministère de la guerre ; que le ministère des finances remettrait en conséquence aux mains de ce dernier l'expédition, qui jusqu'alors avait été chargée des recherches ; et qu'on adjoindrait à Longmeier un interprète et 10 élèves praticiens de l'école des mines. S. M. l'empereur confirma ces dispositions.

A son arrivée à Toula, Longmeier demanda 300 ouvriers au directeur de la fabrique d'armes, le général-major, M. Staden. M. Staden ayant fait voir l'inconvénient d'enlever ainsi à l'usine une aussi grande partie de son personnel et l'impossibilité de trouver dans les environs un nombre aussi considérable d'ouvriers, il fut décidé, le 9 mars 1818, qu'on affecterait à l'exploitation de la houille 100 ouvriers de l'usine et que pour compléter le personnel demandé par Longmeier, on recruterait des ouvriers libres dans le gouvernement de la Russie blanche. En attendant, Longmeier reçut 8 ouvriers de l'expédition qui avait précédemment travaillé aux recherches de houille ; 10 praticiens et un interprète de l'école des mines, 50 paysans de la couronne pris dans le gouvernement de Toula et 2 interprètes à gages.

Les recherches furent d'abord dirigées sur les points où l'on connaissait déjà l'existence de la houille, et notamment : au-dessous de Toula ; à Zvéno, village de la couronne ; à Voskressensk, village ap-

partenant au sénateur Khitroff; à Vialin (à 40 verstes de Toula); à Strakhovka; et sur la terre de M. Paltschikoff, à 3 verstes de Vialin.

En 1819, on forma, sur l'ordre de l'empereur, deux compagnies militaires, pour l'exploitation de la houille. Mais peu de temps après, le général Staden écrivait, que Longmeier n'avait point encore amélioré les résultats de l'entreprise, et que par imprévoyance, peut-être même par mauvais vouloir, il n'avancait que fort lentement le travail. De son rapport résultaient les faits suivants :

1° Le premier puits de Toula était en mauvais état;

2° Le second puits ne donnait qu'un très faible espoir; on n'y avait pas encore trouvé la houille et Longmeier lui-même ne croyait point au succès de cette recherche. Le puits avait été fondé au milieu de sables coulants, garni de planches trop minces et trop écartées; il fallait en tirer jusqu'à 480 vèdros (5899 litres) d'eau par heure.

3° Les travaux entrepris à Voskressensk, sur les terres du sénateur Khitroff, ne promettaient pas non plus un grand succès. Longmeier annonçait pouvoir dans trois mois résoudre ici la question qu'il poursuivait déjà depuis deux ans; mais cette assertion laissait assez voir, qu'il n'augurait rien d'utile du travail et ne cherchait qu'à gagner du temps. L'affluence de l'eau était en effet telle, que les ouvriers étaient exclusivement employés à la pomper.

Quant à la qualité de la houille, Longmeier avait représenté à M. Staden qu'on avait pu, plus de deux ans auparavant, s'en servir à Voskressensk pour confectionner six canons de fusil. Mais lorsqu'on avait voulu en faire une expérience publique, les ouvriers, quelque habiles qu'ils parussent, avaient mis 4 minutes à la première chaude blanche et 15 minutes à la seconde. Contrairement d'ailleurs à sa récente assertion, Longmeier avait, dès l'année 1817, annoncé, en décrivant à M. Staden la houille de Voskressensk, qu'elle ne collait pas et était par conséquent impropre à la forge.

4° Le puits et les deux galeries foncés près de Vialin, à 40 verstes de Toula, étaient abandonnés; la qualité de la houille n'y avait point paru satisfaisante.

5° Le puits creusé au-dessous de Strakhovka avait atteint une couche de sable fin, tellement coulant, que Longmeier renonçant à la traverser, avait arrêté les travaux.

6° La recherche faite sur les terres de M. Paltchikoff, où le propriétaire annonçait une épaisseur de 7 pieds (2^m,13) de houille, ne consistait qu'en un puits, qui s'était écroulé à la rencontre des sables coulants; quant à la couche de 7 pieds, elle s'était réduite à un ensemble de plusieurs petites veines.

7° On avait trouvé de la houille dans plusieurs districts des gouvernements de Toula et de Kalouga, mais les échantillons étaient tous de mau-

vaise qualité; il en fallait donc conclure que la houille, objet de si coûteuses recherches, n'était point susceptible d'un emploi avantageux, et qu'elle ne couvrirait jamais les frais d'exploitation.

Le général Staden ajoutait, en terminant, que Longmeier avait manifesté le désir de prolonger son engagement jusqu'au 1^{er} juin 1821.

La crainte d'abandonner l'entreprise au moment peut-être où le succès allait couronner de si grands sacrifices pécuniaires, fit décider par le conseil des ministres, sur la proposition du département de l'artillerie, qu'on accepterait la proposition de Longmeier; cette décision fut approuvée, le 21 septembre 1821, par S. M. l'empereur.

Longmeier ayant entendu dire qu'on avait trouvé une couche de belle apparence dans les terres du général Vuitotzki, à 3 verstes de Toula, fit demander l'autorisation d'en entreprendre la recherche; mais ce propriétaire répondit qu'il se réservait de l'exploiter pour son compte.

Cependant une tranchée à ciel ouvert faite dans le village de Kievtzui n'avait eu aucun succès, et Longmeier n'avait pas encore trouvé de houille exploitable. Le département de l'artillerie fit donc faire de nouvelles propositions à M. Vuitotzki, et autorisa même l'acquisition du terrain, sauf l'avis préalable du sieur Longmeier. Consulté à ce sujet, Longmeier fit alors savoir, par un rapport du 7 décembre 1820, que les travaux exécutés par

les paysans de M. Vuiçotzki n'avaient atteint qu'une couche insignifiante de houille; qu'ils étaient arrivés, en fonçant un puits, sur le calcaire qu'on avait déjà atteint par un des puits de Toula; que ces deux localités étant peu éloignées l'une de l'autre, on pouvait prédire aux recherches de M. Vuiçotzki l'insuccès de celles de Toula, et qu'il était par conséquent inutile d'entreprendre sur ce point de nouveaux travaux.

L'espoir de découvrir d'autres localités plus favorables à la recherche de la houille avait engagé Longmeyer à explorer les gouvernements limitrophes de celui de Toula, soit par lui-même, soit à l'aide des praticiens qui lui avaient été attachés. Il annonce, dans un rapport transmis, en novembre 1820, par M. Staden, au département de l'artillerie, qu'il existe de la houille dans quatre villages voisins de Moscou, à 3, à 5, à 7 et à 17 verstes de cette ville; et dans six points différents du gouvernement de Kalouga, mais que la houille et les roches qui l'accompagnent sont exactement de même nature que celles de Toula; qu'il n'y a aucune raison de supposer qu'on trouve dans les gouvernements de Moscou et de Kalouga d'autres couches qu'à Toula; que si l'on rencontre dans cette dernière localité de la houille susceptible de remplacer le bois ou le charbon, on pourra espérer le même succès près de Moscou et de Kalouga, et que les résultats des explorations actuelles suffiront seuls à décider du

sort de l'industrie houillère dans cette partie de l'empire.

Consulté par le département de l'artillerie sur l'opportunité de continuer les recherches, M. Staden insiste dans de nombreux rapports sur le mauvais succès de l'entreprise, et conclut à ce qu'on fasse examiner les travaux par un employé des mines expérimenté. Ces conclusions sont adoptées, et l'inspecteur des mines de Moscou, M. Soimonoff, est envoyé à Toula.

De son côté, Longmeier écrivait lui-même dans un de ses rapports, qu'il renonçait à trouver de bonne houille dans aucune des localités qui avaient été l'objet de ses derniers travaux; qu'à Chatov, près Toula, il n'avait point trouvé de nouvelles couches sous celles qu'on y avait d'abord découvertes; qu'à Voskressensk, il avait atteint une couche de houille dont les fragments ressemblaient parfaitement aux échantillons des couches supérieures, mais que l'affluence de l'eau et la fluidité des sables s'opposaient à l'approfondissement du puits; qu'il n'espérait pas non plus trouver de houille à Toula, sous l'épaisse couche de calcaire; que, près de Moscou, de Kalouga et d'Alexin, les localités dont il avait fait lui-même la visite, n'offraient aucune chance de meilleur succès; qu'il en était de même des indices houillers reconnus dans les districts de Kaschira, de Vénev, et aux environs d'Orel, par les officiers ingénieurs; qu'à la vérité, ces excu-

sions avaient fait découvrir : sur les rives de la Vochara, quelques veines de houille ; près de Livina, à 16 verstes d'Alexin, une couche de 1 arch., 1 verch. (0^m,76) ; dans les terres du général Tchemenski, une couche de 7 verch. (0^m,31) ; près du lac Ivan, à 4 verstes de Vénev, et près de Bogoroditsk, des veines d'épaisseur indéterminée ; mais qu'il désespérait aujourd'hui d'arriver à des résultats importants pour le pays, honorables pour lui-même, et qu'il désirait en conséquence remettre aux mains du gouvernement les travaux dont la direction lui avait été confiée.

M. Staden fit en conséquence recueillir immédiatement sous ses yeux des échantillons de toutes les couches de houille, et les expédia, dans des caisses scellées, à Saint-Pétersbourg pour le département de l'artillerie, où elles arrivèrent effectivement, et où elles se trouvent probablement encore aujourd'hui.

Le ministre de la guerre ayant de son côté demandé des instructions au sujet de la continuation des recherches et de la démission de Longmeier, S. M. l'empereur décida que ce dernier serait mandé à Saint-Pétersbourg et interrogé sur les résultats de sa mission.

La dernière réponse de Longmeier au sujet des gites de Toula, fut à peu près conçue en ces termes : « Au commencement, et quand je vis les gites » de Toula pour la première fois, j'avais l'espé-

» rance de voir la qualité de la houille s'y améliorer ; les caractères superficiels qu'ils présentaient étaient identiquement les mêmes que ceux des terrains houillers ordinaires. Ils sont toutefois d'un âge plus récent que ces derniers, n'ont point le même degré de développement, et par suite ne peuvent point contenir les mêmes qualités de houille. »

Vers cette époque (1821), et quelque temps avant le départ de Longmeier, M. Soimonoff visitait, accompagné de M. Staden, les travaux de Toula, et constatait les faits suivants :

On travaillait à Vialin, à Voskressensk et à Chatov, au-dessous de Toula.

Les travaux de Vialin consistaient en un puits de 2 sag. (4^m, 27) et une galerie ayant, au dire de Longmeier, une longueur de 144 arch. (102^m. 41), longueur que l'éroulement total des travaux empêcha de vérifier. La couche de houille de Vialin, qui affleure dans un ravin et avait été déjà découverte par M. Tikhmenev, a une épaisseur de 1 arch., 12 verch. (1^m, 24).

Les recherches de Bolchaïa Strakhovka, à 15 vers. N. de Toula, étaient abandonnées depuis fort longtemps, et il n'en restait plus même aucune trace.

Les travaux de Voskressensk, les seuls qui eussent donné lieu à une exploitation de houille,

ne purent être visités par M. Soimonoff; ils étaient en partie écroulés. Mais, au témoignage unanime des officiers attachés à l'exploitation, la couche de houille a 2 pi., 8 po. (0^m,81); elle se divise en trois veines : la première, celle de dessus, a 10 po. (0^m,25) et donne une houille bitumineuse, assez pyriteuse; la seconde a 1 pi., 2 po. (0^m,35) et fournit un charbon analogue au lignite; la troisième a 8 po. (0^m,20) et produit un combustible plus terreux encore que le précédent. La houille de la veine moyenne a été employée par des forgerons à la forge maréchale, et par les officiers de la fabrique d'armes, à des expériences dont nous donnerons plus tard les détails. Les travaux de Voskressensk comprenaient deux puits et une galerie d'allongement de 80 sag. (171^m), poussées, ainsi que plusieurs galeries de traverse, dans les couches précédemment découvertes par les officiers des mines. L'un des puits a été foncé jusqu'à 14 sag. (29^m,87), et a rencontré, au-dessous de la première couche de houille, deux autres veines ayant, l'une 15 verch. (0^m,67), et l'autre 17 verch. (0^m,75). Le profil annexé au dossier indique la disposition des conches de Voskressensk; mais il présente quelques différences avec celui que Longmeier avait remis au général Staden, et qui au lieu des 15 bancs de roche et des 3 couches de houille indiqués par M. Soimonoff, figure jusqu'à la profondeur de 10 $\frac{1}{2}$ sag. (22^m,05), 23 bancs de

roche et 5 couches de houille, dont l'une, la plus profonde, est estimée à 2 arch., 10 verch. (1^m,87) d'épaisseur. Le second puits de Voskressensk, foncé à 43 sag. (9^m,74) du premier, a atteint une profondeur de 9 sag. (19^m,20); la première couche de houille y a passé d'une épaisseur de 17 verch. (0^m,76) à celle de 2 arch., 3 verch. (2^m,55). Un trou de sonde foré au fond du puits jusqu'à 3 $\frac{1}{2}$ arch. (2^m,49) de profondeur, avait fait découvrir, au dire de Longmeier, quatre nouvelles veines de 7, 8, 9 et 24 verch. (0^m,31, 0^m,35, 0^m,40 et 1^m,07), et de même qualité que la couche supérieure; l'eau qui avait envahi la partie inférieure des travaux n'a point permis à M. Spimonoff de vérifier ces indications. Les travaux de Voskressensk ont fourni, en 3 ans, 22.700 pouds (371.645^k) de houille; il s'en trouvait encore, lors de la visite, près de 3000 pouds (49.116^k) sur le carreau de la mine: le reste avait été employé à la confection ou à la réparation des outils de la mine, et surtout au chauffage de l'habitation de Longmeier et des maisons de gardiens.

Les travaux de Toula consistaient en deux puits. Le puits n° 1 avait été foncé sur une terre de la couronne; il rencontra à 13 sag. (27^m,74) de profondeur, une couche de houille de 17 verch. (0^m,75), et un sable coulant qui fit arrêter les travaux. Le puits n° 2, foncé jusqu'à 16 sag. (34^m,14), atteignit les dernières couches du terrain houiller dans cette localité, et pénétra dans un calcaire qu'on

n'avait point encore quitté après un approfondissement de 21 sag. (44",81). Vainement M. Soimonoff essaya-t-il à deux reprises différentes de descendre dans le puits ; la chandelle refusait d'y brûler , et il dut, pour se former une opinion sur un point aussi important dans la question houillère de Toula, s'adresser aux ouvriers qui avaient travaillé à l'approfondissement du puits, recueillir, non sans peine, dans les déblais quelques fragments du calcaire, et contrôler par ces renseignements les indications de Longmeier. L'accord du témoignage des ouvriers et de Longmeier, l'examen attentif des échantillons, l'inspection des carrières situées au pied de la montagne, et les résultats de deux fouilles pratiquées au-dessous de ces carrières le confirmèrent dans l'idée, que le calcaire constituait la base de la formation carbonifère transmoscovienne ; et s'étendait hors du gouvernement de Toula, jusque dans ceux de Kalouga, d'Orel, de Riazan et de Moscou ; qu'en outre, les caractères minéralogiques mêmes de la houille conduisaient à ranger cette formation, malgré ses différences avec chacune des trois principales formations houillères admises par les géologues, dans la catégorie des houilles de l'origine la plus moderne, catégorie très-distincte cependant de celle qui fournit la véritable houille noire et à laquelle appartiennent la majeure partie de la houille anglaise, et la houille russe de Lougane. M. Soimonoff arriva donc à conclure que le puits

n° 2 de Toulà avait, en pénétrant dans un calcaire qui n'appartient à aucune formation houillère, tranché irrévocablement la question si longtemps poursuivie, et que désormais toute recherche de houille noire, propre à la forge, devenait, dans les régions transmoscoviennes, illusoire et sans objet.

Longmeier avait avancé dans un rapport adressé à M. Soimonoff, que ses forgerons avaient employé pendant 3 ans la houille de Voskressensk aux besoins de l'exploitation ; que le déchet du fer était moindre avec cette houille qu'avec le charbon de bois ; que la durée du travail était la même avec chacun des deux combustibles et que la chaleur produite par la houille de Voskressensk était à peine sensiblement inférieure à celle de la houille anglaise. Il rappelait qu'il avait vu, à Voskressensk même, fabriquer plusieurs canons de fusil avec la seule houille des recherches. Il terminait en imputant à la malveillance la lenteur qu'on avait observée dans la marche du travail, lors de l'expérience faite à la fabrique d'armes en présence du général Staden.

En réponse à ces assertions, M. Soimonoff fit observer que les forgerons de Voskressensk, payés au mois et non à la tâche, avaient sans contredit pu se servir de la houille extraite par Longmeier, pour la fabrication et la réparation des outils de la mine, mais que la perte de temps et l'accroissement de déchet du fer ne pouvaient être douteux dans l'emploi d'un charbon, où l'analyse chimique de

l'ingénieur des mines Varvinski n'indiquait pas, pour les meilleures qualités, plus de 48 parties combustibles p. $\frac{1}{2}$, tandis que la meilleure houille anglaise en renferme plus de 80. Toutefois, et pour fonder son opinion sur des faits positifs, M. Soimonoff fit fabriquer, sous la propre direction de Longmeier et par son forgeron, deux canons de fusil, l'un avec du charbon de tremble et autres espèces tendres, l'autre avec la meilleure houille de Voskressensk (celle de la veine moyenne). Le procès-verbal de l'expérience fut dressé par M. Soimonoff, et signé par toutes les personnes présentes, à l'exception de Longmeier qui motiva son refus de signature sur sa connaissance imparfaite de la langue russe. Il résulte de ce procès-verbal, que la houille de Voskressensk a effectivement demandé plus de temps, à la forge, que le charbon de bois, et que le mâchefer au lieu de jaillir en étincelles blanches, s'enlevait par couches de l'épaisseur d'une feuille de gros papier d'emballage.

Cependant, observe M. Soimonoff, quoique la houille de Voskressensk ne soit pas bonne pour le travail de la forge, elle peut sans aucun doute servir au chauffage domestique. Mais il faudrait au moins qu'elle pût être vendue à meilleur compte que le bois. Or les rapports officiels du général Staden établissent; qu'une sagène cube de bois de tremble et autres espèces tendres produit le même effet que 353 pouds, 32 liv. (5792^k,41) de houille de Toula;

que la sagène de ce bois coûte à Toula 24 rbls ass.; que le poud (16^k,37) de houille reviendra, exploitation et transport compris, à 20 kop. au moins; et que les 353 pouds, 32 liv. (5792^k,41) coûteraient en conséquence, au minimum, 72 rbls, 20 kop., et par conséquent presque trois fois autant que la quantité de bois correspondante.

Quant aux canons de fusil fabriqués à Voskresensk avec la seule houille des recherches, M. Soimonoff n'en avait point entendu parler et il restait, disait-il, à savoir, si ces canons auraient pu soutenir les fortes épreuves prescrites par le gouvernement.

Nous venons d'exposer avec détail à quoi se sont réduits les travaux exécutés par Longmeier, en 3 ans et 5 mois, avec l'aide de 11 officiers, de 5 Anglais, de 4 interprètes, de 8 mineurs de Lougane, de 119 manœuvres et de 24 chevaux. Ils ont coûté 350.000 rbls ass., et encore faut-il remarquer, que les bois étaient fournis par l'administration des forêts à des prix beaucoup inférieurs à ceux des particuliers.

De cet exposé, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les travaux de Longmeier ont été dirigés sur les points mêmes où les officiers de mines avaient, antérieurement à son arrivée, découvert et recherché des gîtes de houille.

2° La houille de Toula et des autres gîtes de la

contrée n'est point bonne pour la forge , mais elle peut être employée au chauffage domestique , sous les chaudières à vapeur, etc.

3° Si la distance qui sépare Moscou de Toula , n'exclut pas cette houille du marché de Moscou , tous les gites pourrout en être exploités.

4° Quoique Longmeier ait assuré avoir exploré , soit par lui-même, soit par ses subordonnés, les gouvernements de Toula, de Moscou, de Riazan, d'Orel et de Kalouga, il est cependant permis de révoquer en doute cette assertion : car ni ses rapports, ni ceux des élèves praticiens ne font connaître la composition du sol de ces gouvernements. Il n'indique même point l'emplacement des couches de houille qu'il prétend avoir trouvées ; c'est ainsi qu'en annonçant l'existence du combustible minéral à 3, 4 et 5 verstes de Moscou , il omet de donner le nom des localités.

5° Longmeier et M. Soimonoff sont restés convaincus que la nature du sol de Toula excluait toute possibilité d'y trouver de la houille ; et leur conviction s'appuyait sur la présence du puissant banc de calcaire trouvé au fond du puits de Toula ; mais en examinant la coupe du puits , on y voit un calcaire pareil et en bancs non moins épais apparaître , non-seulement à plusieurs reprises, mais plus souvent peut-être que les autres roches , et contenir à toutes profondeurs des couches de houille entre ses assises ; souvent même , le calcaire forme le toit des

veines, circonstance qui pourrait motiver une conclusion entièrement opposée à celle de M. Soimonoff. Rien ne s'oppose en effet à ce qu'on trouve au-dessous de ce calcaire le retour des argiles et, avec elles, des couches de houille mieux caractérisées peut-être que celles des veines supérieures. Cette supposition acquiert même quelque probabilité, si l'on considère que les couches de houille proprement dites n'existent d'ordinaire qu'à une certaine profondeur et qu'on a traversé, aux approches du calcaire inférieur, 25 sag. (53^m,34) de roches analogues à celles qui accompagnent les veines houillères du haut et du milieu du puits.

En conséquence, je crois que pour acquérir une connaissance positive du sol de Toula, connaissance dont on pourrait tirer d'utiles inductions sur la constitution minérale des gouvernements voisins, il serait avantageux à la couronne de foncer près de Toula un nouveau puits solidement boisé, muni d'une bonne pompe d'épuisement, et par suite susceptible d'être mené à une profondeur que les travaux exécutés jusqu'ici n'ont encore pu atteindre.



ART DES MINES ET USINES.

06-1987-21572

NOUVELLE MÉTHODE
EMPLOYÉE DANS L'ARRONDISSEMENT D'ÉKATERINOBOURG,
POUR DÉBLAYER PENDANT L'ÉTÉ
LES COUCHES DE SABLES AURIFÈRES.

(PLANCHE III. FIG. 1, 2, 3, 4, 5 ET 6.)

.. PAR LE CAPITAINE EN SECOND RASQUILDÉFF.

L'histoire de l'exploitation des sables aurifères présente, depuis la simple table de lavage jusqu'à l'excellente machine à cribles en cascade, une longue série d'appareils mécaniques, graduellement perfectionnés. Ces appareils ont dû les perfectionnements dont ils firent l'objet à l'appauvrissement des alluvions, à l'insuffisance des cours d'eau, à la diversité des qualités de sables, à l'épuisement des gîtes. Les cribles en cascade, dont M. le chef de l'état-major des mines a fourni l'idée, satisfont actuellement à toutes les conditions désirables, telles que promptitude de traitement, précision de lavage, économie de force, simplicité de construction, durée de service, etc.; et s'ils doivent encore recevoir par la suite quelques améliorations, il est néanmoins permis de penser qu'ils constitueront tou-

jours l'appareil fondamental de l'industrie aurifère.

Quant à l'exploitation même des sables aurifères, elle est au contraire restée, sauf quelques perfectionnements partiels et tout à fait insignifiants, ce qu'elle était du temps où elle a pris naissance. Les mineurs ont employé au défoncement des terrains mous qui recouvrent la couche exploitable, les outils qui leur servaient à entailler les roches dures, tels que bêche, coin, levier, marteau et brouette. Et pourtant, n'est-il pas manifeste que le défoncement au pic ou à la bêche de la tourbe ou de l'argile compacte, constitue un travail pénible et lent, exige, si le nombre des bras est considérable, un outillage multiplié, et consomme en pure perte une notable quantité d'action ?

Une même masse de terre exige quatre fois plus de travail à fouiller qu'à relever. Il y a donc de l'avantage, dans l'exploitation des sables aurifères, à réduire le plus possible le nombre des ouvriers occupés à la fouille, pour reporter sur le relevage tous les bras que cette réduction rend disponibles. Or il suffit, pour obtenir un résultat aussi désirable, d'une part, d'appliquer à la fouille un appareil du genre de la charrue; de l'autre, de substituer au travail de l'homme celui d'animaux plus robustes, tels que le bœuf et le cheval.

La forme d'un outil devrait toujours être appropriée à la nature et à l'intensité de la résistance qu'il doit vaincre. Les instruments usités sur nos exploi-

tations aurifères ont, au contraire, partout la même forme. Qu'il s'agisse de tourbe, d'argile liante ou de sable meuble, substances de résistances fort inégales, c'est toujours avec la pelle en fer, ou, si les argiles sont trop dures, avec la pioche à pointe pyramidale qu'on les entaille. La facilité apparente du travail a jusqu'à ce jour perpétué l'emploi d'un outillage aussi défectueux.

Nous avons adopté, pour mesurer la quantité d'action développée par l'homme dans l'exploitation des sables aurifères, l'unité dynamique que M. Jastriembski emploie dans son excellent cours de mécanique pratique; c'est le *poudo-pied*, ou quantité d'action nécessaire pour élever 1 poud (16^k,37) à 1 pied (0^m,30), en 1". Cette unité n'est ni trop grande ni trop petite; elle est surtout commode dans les cas où la force motrice est assez considérable.

Le tableau ci-dessous résume les expériences faites sur l'effet utile de l'homme et du cheval dans l'exploitation des sables aurifères. Ces recherches peuvent être d'une application très-utile à l'art des mines en général; elles mènent à des conclusions positives sur la perfection ou l'imperfection des procédés affectés à chaque nature de travail.

Numéros.	DÉSIGNATION DU GENRE DE TRAVAIL.	Grandeur moyenne de l'effort.	Vitesse par seconde.	Quantité d'action par seconde.	Durée du travail quotidien.	Quantité d'action totale.
		poids	pieds	pouso- pieds	heures	pouso- pieds
	ÉLEVATION DES POIDS.					
	<i>Ouvriers dans la force de l'âge.</i>					
	Homme élevant à 5 pi. avec une large pelle en bois garnie de fer :					
1	De la terre friable (tourbe) préalablement fouillée.	1,5	0,15	0,225	10	8100
2	De l'argile arénacée en petites mottes.	1,5	0,13	0,195	10	7020
3	De l'argile liante.	1,5	0,11	0,165	10	5940
	MOYENNES. . . .	1,5	0,13	0,195	10	7020
	EMPLOI DES OUTILS DE MINEUR.					
	<i>Travail au pic pyramidal.</i>					
4	Homme agissant dans des argiles dures et sur une couche aurifère argilo-arénacée, remplie de galets de quartz plus ou moins volumineux.	1,0	0,011	0,011	10	396
	<i>Travail à la bêche.</i>					
	Homme creusant :					
5	Dans de la tourbe.	1,0	0,020	0,020	10	720
6	Dans des couches sablo-argileuses.	1,0	0,017	0,017	10	612
7	Dans des couches argilo-sableuses.	1,0	0,012	0,012	10	412
	MOYENNES. . . .	1,0	0,016	0,016	10	576
	TRANSPORT DES DÉBLAIS.					
	<i>Ouvriers de force et d'âge divers.</i>					
8	Roulage à la brouette ordinaire, ramenée vide à la charge, sur un parcours de 35 sagènes.	2,5	1,20	3,0	10	108.000
	<i>Chevaux.</i>					
9	Transport dans un tombereau à fond mobile, ramené vide à la charge, sur un parcours de 85 sagènes, par un chemin couvert de gros gravier.	20,0	2,00	40,0	5	720.000

D'après d'autres expériences fort récentes, un homme traînant une brouette chargée d'un poids de 3^{pes},66, sur un chemin uni et sensiblement horizontal, parcourt en 1" un espace de 1^{ped},65, vitesse fort différente de celle que nous avons trouvée. Cette différence provient des causes suivantes :

1° Dans l'exploitation des sables aurifères, le roulage s'opère la plupart du temps en montant sur un plan incliné.

2° L'approfondissement progressif des tranchées accroît de plus en plus la rapidité du plan incliné, et par suite la difficulté du roulage.

3° La pluie et la neige rendent fréquemment le chemin glissant ou inégal, et retardent la marche du rouleur.

4° La longueur des parcours nécessite dans chaque voyage quelque temps de repos.

5° Un grand nombre d'enfants et de vieillards se trouvent, surtout en été, mêlés aux ouvriers dans la force de l'âge, et font par suite baisser le chiffre de la vitesse.

Nous croyons donc devoir nous en tenir, pour le roulage par brouette, à la vitesse moyenne de 1^{ped},20 par 1". Quant aux autres chiffres du tableau, ils sont calculés dans les circonstances les plus favorables du travail. Néanmoins la grandeur moyenne de l'effort du mineur (nos 4, 5, 6 et 7) est un peu in-

férieure à celle qu'admettent nos mécaniciens (*). Cette correction a paru nécessaire pour avoir des résultats applicables dans tous les cas. Il en est de même des chiffres n° 9, où l'effort du cheval employé au transport de la roche stérile n'est évalué qu'à 20 pouds par 1", au lieu de 42 pouds; cette valeur a paru suffisante, eu égard aux obstacles sur lesquels il est raisonnable de compter, tels que inégalité des chemins provisoires, défaut de consistance du terrain, roideur des rampes qui descendent aux tranchées, etc.

L'examen du tableau justifie l'assertion émise au commencement de ce mémoire, et fait voir, qu'autant le relevage des terres est facile et avantageux dans l'exploitation des sables aurifères, autant la fouille en est difficile et pénible.

La fouille des terres est sans contredit aujourd'hui la principale cause de la lenteur avec laquelle procède l'exploitation, et du dépérissement qu'on observe chez les ouvriers.

Les chiffres qu'indique le tableau pour l'action utile de l'ouvrier dans la fouille, le relevage et le roulage des terres, permettent de calculer le nombre d'hommes nécessaire à l'exploitation d'une sagène cube ($9^{\text{mme}}, 713$) de roche stérile.

(*) Quelques mécaniciens évaluent à 1^{poud},65 par seconde l'effort moyen d'un homme ramassant de la terre avec une pelle.

On voit en effet qu'il faut :

Pour la fouille.	2,0	ouvriers
Pour le relevage.	0,5	—
Pour le roulage.	2,5	—
TOTAL.	5,0	ouvriers.

Il en résulte que le travail nécessité par le relevage est au travail nécessité par la fouille :: 1 : 4, et au travail nécessité par le roulage :: 1 : 5.

Un laboureur défriche en un jour, avec une charrue à deux chevaux, 1200 sag. carr. (5460^{mm}) de terre inculte. La charrue pénètre à une profondeur qui varie de 2 à 4 verch. (0^m,09 à 0^m,18) selon la nature du sol. A ne compter que 2 verch. (0^m,09), on ameublit donc en un jour 50 sag. cub. (486^{mm}) de terre.

Si l'on compare l'action d'une charrue traînée par deux chevaux et dirigée par un homme, avec celle que demande le même travail exécuté par des ouvriers, on trouve que cent ouvriers dans la force de l'âge auront de la peine à produire un effet égal. Il y a donc un avantage immense à remplacer la bêche et le pic par la simple charrue à deux roues. Il est d'ailleurs incontestable : que le chargement des brouettes ou des tombereaux est plus facile et plus prompt quand les mottes de terre ont été préparées à l'avance par la charrue, que quand il faut faire suivre le mineur par le releveur ; que l'on gagne par conséquent les moments d'attente ; que le travail des rouleurs devient plus continu, etc.

La comparaison de quelques données numériques a suffi pour mettre en évidence la supériorité de la charrue sur la bêche ou le pic. Les expériences auxquelles on s'est livré sur l'application du labourage au déblai des couches aurifères, ont en effet réalisé toutes les espérances que donnait la théorie. Rien n'est d'ailleurs plus facile et plus simple que la marche du travail. On commence par débarrasser le terrain des arbres et des grandes racines qui l'encombrent; on donne un premier labour; on enlève à la brouette ou au tombereau les mottes de terre produites par le premier tour de charrue; on donne un second labour; on enlève les nouvelles mottes; et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on atteigne la couche aurifère. L'emploi de cette méthode permet aujourd'hui d'enlever dans les exploitations aurifères d'Ekaterinbourg, jusqu'à 5000 sagènes cubes de terres stériles, par été. Diminution de main-d'œuvre, facilité de travail, commodité de surveillance : tels sont les résultats du nouveau procédé; on évalue à plus d'un tiers l'économie d'argent qu'il procure.

L'emploi de la charrue nous paraît tellement avantageux que nous conseillerions de l'appliquer, surtout dans les terrains d'alluvion, aux nivellements du sol, aux terrassements de chemins de fer, aux tranchées de conduites d'eau, etc., en un mot à toutes les opérations qui exigent des travaux de fouille. En réservant ainsi tous les bras dont

on dispose pour le relevage et le transport des terres, on obtiendra indubitablement célérité dans le travail et, par suite, économie dans la dépense.

La continuité du travail demande que l'emplacement à labourer ait une certaine étendue, par exemple 20 sag. de long et 10 sag. de large. Des dimensions moindres feraient perdre une partie des avantages du procédé, par suite de la fréquence des retours de la charrue. Un emplacement trop considérable aurait aussi des inconvénients; car, quoique d'un côté les bons effets de la charrue fussent peut-être encore plus sensibles, d'un autre côté la terre, restant longtemps sur place après le labour, deviendrait, en cas de pluie, boueuse et difficile, soit à relever, soit à transporter; en outre, le piétinement des hommes et des chevaux aurait trop souvent lieu sur les mêmes places, et convertirait la couche supérieure en une croûte très-dure et fort résistante, surtout dans le cas de terrains argileux.

On devra d'ordinaire s'arranger pour que l'action de la charrue dure 5, ou au plus 6 heures, et que la couche ameublie par le labourage soit enlevée en 1 ou $1\frac{1}{2}$ heure, suivant le nombre d'ouvriers occupés au relevage. Le reste du temps est nécessaire au repos des chevaux qui traient la charrue.

Examinons maintenant quelques questions. La profondeur des fouilles, l'abondance des pluies n'exercent-elles pas une influence nuisible sur le travail? Un terrain couvert de bois, rempli de pier-

res ou formé d'argile dure se prête-t-il au labourage?

La profondeur des fouilles est sans la moindre influence sur le succès du travail. Les rampes par lesquelles on emmène la roche stérile se font très-aisément avec la charrue.

Pour empêcher les pluies de produire de la boue dans les tranchées, il suffit de donner à la surface du sol labouré une pente de 2° à 4°, et de pratiquer à l'extrémité de l'exploitation un réservoir où l'eau se rassemble et qu'on vide, s'il est nécessaire, au moyen de pompes d'épuisement (*). Cette précaution est aussi simple qu'efficace.

Si le terrain est boisé, il faut d'abord, ainsi qu'on l'a dit, abattre les arbres et enlever les grosses racines. Le levier, représenté Pl. III, fig. 6, est très-commode pour cette dernière opération. L'on n'a d'ailleurs pas à s'inquiéter des petites racines; le soc de la charrue les tranche facilement.

Les pierres dont le sol est parsemé ne sont point un obstacle à l'emploi de la charrue. Les habitants des montagnes ne savent-ils pas labourer le terrain le plus pierreux, et ne suffit-il pas dans ce cas de donner à l'instrument le degré de force que demande la résistance du sol?

Les fonds marécageux, les argiles liquides, et

(*) D'après Mariotte, les plus fortes pluies pénètrent à 6 pouces au plus dans la terre labourée, et par conséquent à une profondeur encore moindre dans les argiles.

en général tous les terrains où le cheval enfonce ne peuvent être, il est vrai, entaillés à la charrue ; mais il n'est ordinairement pas impossible de dessécher les marais, et il ne faut souvent, pour opérer ce desséchement, qu'abattre des bois et creuser des canaux aux points convenables. On pourrait, à cet égard, citer nombre de mines marécageuses de l'arrondissement d'Ekaterinbourg, qui étaient jadis presque impraticables, et que le travail de l'homme a su soustraire au domaine des eaux.

Les argiles dures et liantes, qui recouvrent les alluvions basses, donnent sans doute lieu à des travaux de fouille difficiles ; mais ce cas se présente assez rarement, et d'ailleurs fût-il plus fréquent, la charrue ne cesserait pas d'y conserver une partie de ses avantages sur la bêche ou le pic. Il suffira en effet de faciliter le travail, d'une part en supprimant l'un des deux tranchants de la charrue, de l'autre en diminuant l'angle sous lequel agit l'instrument, et par suite la profondeur du sillon. On pourra même, dans certains cas, atteler un ou même deux chevaux de plus à la charrue. Ce surcroît d'attelage augmentera, il est vrai, le coût absolu du travail. Mais comme le nombre des ouvriers devrait, pour la fouille à la bêche, être augmenté dans la même proportion, le rapport des dépenses occasionnées par les deux procédés restera constant, et demeurera, par suite, tout à l'avantage de la charrue.

Les moteurs animés diffèrent entre eux par la force des muscles et la vitesse des mouvements. Les uns sont plus lents, mais développent une plus grande quantité d'action et surmontent des résistances plus considérables; d'autres, par contre, ont moins de force, mais ont des mouvements plus rapides. Chaque espèce d'animal doit être appropriée au travail que comportent sa force et sa vitesse. Le tableau ci-dessous indique la quantité d'action développée dans des circonstances analogues par le cheval et par le bœuf.

DÉSIGNATION DU GENRE DE TRAVAIL.	GRANDEUR de l'effort.	VITESSE par 1".	QUANTITÉ d'action par 1".	DURÉE du travail.	QUANTITÉ d'action totale.
	pouss.	piéds.	pouss- piéds.	heures.	pouss- piéds.
Cheval attelé à un manège.	2,7	3,00	8,1	8	233.280
Bœuf attelé à un manège, allant au pas.	4,0	1,95	7,8	8	224.640

Ces chiffres font voir que le bœuf, quoique plus vigoureux, fournit, à cause de la lenteur de sa marche, une moindre quantité d'action; que le cheval, au contraire, a moins de force, mais gagne par sa vitesse l'avantage sur le bœuf; que, d'ailleurs, l'effet produit par ces deux animaux en un temps donné est à très-peu près le même.

Nous croyons toutefois que le bœuf est l'animal

dont l'emploi est le plus avantageux dans les travaux de terrassement. On sait, en effet, que le labourage exige une marche lente et une grande vigueur de la part de l'animal. Le cheval se prête d'ailleurs moins au travail que le bœuf. Le cheval est plus impétueux dans ses mouvements, le bœuf plus réglé dans ses efforts.

Indépendamment des avantages que nous venons d'énumérer, la charrue présente encore sur la bêche et le pic d'autres raisons de préférence, par lesquelles nous terminerons ce mémoire.

1° L'exploitation marche avec une grande régularité, par larges surfaces et sans gradins, en sorte qu'il est aussi prompt que facile de vérifier à tout instant le travail fait par les ouvriers. Chaque surveillant peut, en effet, avec le seul secours du cordeau et de la règle, apprécier très-exactement les résultats obtenus dans son atelier, et l'ingénieur des mines établir en grand les états d'avancement du mois, du trimestre et de l'année.

2° L'étendue et l'horizontalité des chantiers évitent la gêne et les pertes de temps qu'occasionnent, dans la méthode ordinaire, le mélange des mineurs et des rouleurs, les rencontres perpétuelles des brouettes et en général l'agglomération d'un grand nombre d'ouvriers sur un petit espace. La surveillance en devient d'autant plus efficace; car aucun des travailleurs ne peut plus échapper à l'œil des chefs d'atelier.

3° Il est moins pénible de ramasser la terre que de la creuser : la substitution de la charrue à la bêche préviendra donc un grand nombre de maladies , et conservera plus longtemps les forces de l'ouvrier.

4° L'exploitation des sables aurifères n'a lieu qu'en juillet et août, les plus favorables mois de l'année; le reste de la saison peut être consacré à la préparation des minerais.

5° Les ouvriers employés autrefois à creuser la terre sont maintenant occupés au traitement des sables tenant de 20 à 30 dol. par 100 pouds : ce qui augmente de la manière la plus avantageuse le produit des alluvions aurifères.

Explication des fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6, Pl. III.

Fig. 1. Double tranchant employé avec succès pour labourer le terreau , la tourbe et les sables arénacés de toute qualité ; les extrémités de l'instrument doivent être bien acérées et aiguës soigneusement.

Fig. 2. Tranchant ordinaire. Le plan et la coupe verticale de l'instrument témoignent de la simplicité de sa forme ; l'expérience a prouvé ses avantages , dans le cas où la résistance est considérable : par exemple, dans les couches argilo-sableuses ou sablo-argileuses d'une grande dureté.

Fig. 3. Pelle en bois. Cette pelle, faite en bouleau sec et garnie de fer à son extrémité , est infiniment plus légère et plus facile à manier qu'une pelle en fer, et donne , pour le relevage des terres, des résultats bien supérieurs à ceux qu'on obtient d'une pelle en fer ou de l'étroite pelle en bois usitée sur les mines.

Fig. 4. Tombereau à deux roues. Les tombereaux à fond mobile ne conviennent que pour les matières très-divisées ; les argiles liantes et la tourbe ont, au contraire, de la difficulté à tomber par l'ouverture de la trappe. En général, la décharge s'opère mieux et plus vite avec les tombereaux qu'on peut incliner, qu'avec ceux dont le fond est mobile. La capacité d'un tombereau ne doit pas dépasser 18 ou 20 pouds (294^k,69 à 327^k,44).

Fig. 5. Petit levier à main pour arracher les petites racines.

Fig. 6. Grand levier, composé d'un support en bois *aa* ; d'une crapaudine en cuivre *b* ; d'une sphère en fonte avec appendice en fer *c* ; de deux garnitures en fer *d* et *d'*, embrassant la sphère *c*, et du long levier *ef*. La mobilité de la boule sur le pivot en cuivre et la facilité de changer à volonté le point d'appui rendent ce levier très-commode pour arracher les grandes racines ; il surmonte une résistance de 50 à 75 pouds (818^k,60 à 1327^k,90).

APPAREIL DE LAVAGE

EMPLOYÉ DANS LES EXPLOITATIONS DE SABLES
AURIFÈRES DE MIASSK.

(PLANCHE IV, FIG. 1, 2 ET 3.)

PAR LE GÉNÉRAL-MAJOR ANOÇOFF.

Les tonnes et les cuves de criblage (*) avaient été jusqu'ici considérées comme les appareils les plus avantageux qu'on eût appliqués dans l'Oural au lavage des sables aurifères; mais il n'était pas toujours possible de les employer, parce qu'elles exigent une grande force, et qu'il est rare de trouver de puissants cours d'eau à proximité des alluvions : aussi n'a-t-on pas encore universellement renoncé aux cribles plats ordinaires.

Désirant réduire autant que possible la force nécessaire à la préparation mécanique des sables aurifères, j'ai remplacé la tonne et la cuve à cribler par une auge à râteaux oscillants. Il m'a paru que ce mouvement oscillatoire devait consommer moins de force que la rotation d'une tonne chargée de sable ou que le mouvement circulaire des griffes

(*) Voir dans l'Annuaire de 1840 le mémoire du capitaine Karpinski, sur les sables aurifères, pages 266-421.

dans une cuve. L'appareil à auge, que je propose, est représenté Pl. IV, fig. 1, 2 et 3.

De forts montants supportent l'auge conique en fonte *dd*; cette auge est percée de trous ayant environ $\frac{1}{2}$ pouce ($0^m,012$) de diamètre et espacés de 3 pouces ($0^m,07$). Un cadre fixe en bois entoure l'auge; il supporte en son milieu l'axe oscillant *aa*, lequel fait corps avec le châssis carré *bb*; aux deux côtés opposés du châssis pendent, six d'un côté, six de l'autre, douze tiges en bois munies de râdeaux en fer *c*. Une tige en fer, implantée sur l'arbre oscillant, s'emboîte dans la barre horizontale *n*, qui reçoit du moteur un mouvement de va-et-vient. Le minerai descend dans l'auge par une trémie qu'on charge peu à peu sur le plancher supérieur de la laverie. Deux tuyaux en fer *gg*, percés de petits trous, amènent l'eau sur chacun des bords de l'auge; ils sont munis de robinets qui servent à régler l'affluence de l'eau. En avant de l'auge, une feuille de tôle percée de trous *f*, reçoit les gros cailloux déjà lavés dans l'auge; ils y subissent un lavage supplémentaire au moyen d'un courant d'eau fourni par un chéneau à robinet. La bourbe qui se détache de ces cailloux descend sur la table inclinée *i*, placée au-dessous de l'auge *d*.

Les grains qui ont traversé les trous de l'auge *d* et la bourbe qui découle de la grille *f*, passent de la table inclinée *i* sur la table de lavage *k*. Cette dernière est conique, à râdeaux; c'est celle qui a été

inventée par M. Agté, ex-directeur des mines de Zlatoust. Les râtaux de l'auge *d* et ceux de l'auge *k* reçoivent la même vitesse; cette vitesse peut aller jusqu'à 30 oscillations par minute.

Un ouvrier lave en 10 heures de travail jusqu'à 1200 pouds (19.646^k) de sables meubles; il n'en lave que 800 (13.097^k), si les sables sont argileux, ou moins encore s'ils sont très-argileux et contiennent peu de cailloux roulés. Mes appareils n'ont encore été installés que dans deux exploitations, celle d'Atiansk et celle de Verkhné-Miassk (arrondissement de Zlatoust), où les sables sont principalement composés de roches décomposées. Ceux d'Atiansk sont mis en mouvement par une machine à vapeur; ceux de Verkhné-Miassk, par des chevaux.

Les essais comparatifs faits sur l'auge et sur la cuve de criblage ont montré, que pour traiter 12.000 pouds (196.464^k) de sable, la quantité de force consommée par l'auge est à celle que consomme la cuve :: 5 : 6, et le nombre d'ouvriers :: 5 : 9. Mais plus les sables sont argileux, plus la supériorité de l'auge diminue. Cet inconvénient m'a conduit à rechercher les moyens de perfectionner encore davantage le lavage des sables argileux.

Après divers essais, j'ai eu l'idée de diviser l'auge *dd* en deux parties égales par une fente transversale, à travers laquelle on peut faire passer une

planche verticale en fonte *r*, et j'ai supprimé les trous de la moitié supérieure de l'auge. La planche en fonte est guidée par des rainures en fer *s*, et repose sur l'extrémité d'un châssis horizontal en fer *t*, au moyen duquel on peut la lever et la baisser à volonté. Au commencement du travail, la planche est levée et forme dans le compartiment supérieur de l'auge un réservoir où l'eau s'accumule. On charge dans ce compartiment 15 pouds (245^k,58) de sable et on les y délaye avec les râteaux ; au bout de 7 $\frac{1}{2}$ minutes on charge encore 15 pouds (245^k,58) ; quand l'argile est bien délayée et que les cailloux commencent à être mis à nu, l'ouvrier touche avec le pied le châssis *t*, la planche *r* retombe et les cailloux descendent dans le compartiment inférieur de l'auge. L'ouvrier facilite cette descente avec un râble à main, relève la planche *r* et donne le signal pour faire couler du plafond de la laverie une nouvelle charge de sable.

Six appareils semblables à celui que nous venons de décrire ont été construits sur la mine de Kaskinovsk. 6 ouvriers y lavent 7200 pouds (117.879^k) de sable par jour ; il en eût auparavant fallu 24, pour traiter une pareille quantité sur les cribles à main.

L'expérience a fait voir que plus les sables étaient argileux, plus les râteaux devaient être pesants.

La force motrice est donnée par une machine

à vapeur de la force de 8 chevaux (*) et par 2 manèges. Les manèges sont moins avantageux que la machine à vapeur; il est donc à désirer que les machines à vapeur se multiplient dans l'Oural. L'administration supérieure des Mines a déjà pris dans ce but d'utiles mesures.

Il est d'usage dans l'Oural de laver définitivement l'or dans les premières cases de l'auge. Pour prévenir les vols, j'ai ordonné l'année passée de pousser moins loin le lavage, de recueillir le produit des cinq premières cases, ainsi que les cailloux et le schlich, dans des caisses spéciales et de les laver à part sur des cribles à main, en présence de tous les inspecteurs. Cette mesure me paraît surtout utile dans les exploitations particulières, où la surveillance n'a point la même activité que sur les exploitations de la couronne.

Explication des figures 1, 2 et 3, Pl. IV.

- a. Arbre oscillant de l'auge de criblage.
- b. Châssis faisant corps avec l'arbre a.
- c. Râteaux fixés à charnières sur deux côtés opposés du châssis b.
- d. Auge de criblage, conique, en fonte.
- f. Grille de triage pour les gros cailloux.
- g. Tuyaux donnant l'eau de lavage dans l'auge d.

(*) Cette machine est en outre chargée d'élever l'eau de lavage et de mettre en mouvement les râteaux de 6 appareils ordinaires.

- i. Plan incliné sur lequel les sables descendent dans la table de lavage.
- k. Table de lavage conique.
- l. Arbre oscillant, portant les râteaux de la table de lavage.
- m. Râteaux de la table de lavage conique.
- n. Tiges donnant le mouvement de va-et-vient aux arbres *a* et *l*.
- o. Réservoir où se rassemblent les eaux de lavage.
- p. Canaux des rebuts.
- r. Plaque en fonte, séparant à volonté l'auge *d* en deux compartiments.
- s. Rainures guidant la plaque *r*.
- t. Châssis servant à lever ou à baisser la plaque *r*.

APPAREIL DE LAVAGE**POUR LES SABLES AURIFÈRES, DIT BOUTAR.**

(PLANCHE IV, FIG. 4, 5 ET 6.)

INVENTÉ EN 1885 PAR LE CAPITAINE EN SECOND BUIKOFF.

L'appareil est mis en mouvement par un manège à chevaux. Le sable apporté sur le plancher B, est chargé par les trémies E sur les cribles ronds F, dans lesquels il est délayé par l'eau des conduits C et broyé par les herses *a* (fig. 6); les gros cailloux lavés passent par l'ouverture *f*, dans la caisse G, où ils sont triés, et d'où ils passent par l'ouverture *g* dans un réservoir H plein d'eau, et fermé à moitié de sa profondeur par une grille horizontale, sur laquelle ils se rincent avant d'être jetés au rebut; les parties fines de sable et d'argile qu'ils avaient pu conserver, passent par la grille et se déposent au fond du réservoir. Le sable fin qui a traversé le crible C est emporté, avec l'eau de lavage et l'argile broyée sur un plan incliné *h*, passe par-dessus une barre transversale fixée sur ce plan, et descend dans une auge conique de lavage *m*, où sans cesse agité par le mouvement de râtaux oscillants *q q*, il abandonne ses parcelles d'or

entre les trois premières des cases 60. De l'auge de lavage, le sable passe sur la grille 1, qui recouvre le réservoir, et sur laquelle l'eau qui sort de l'auge lui fait encore subir un lavage complémentaire, avant de l'emporter aux rebuts.

100 pouds (1637^k) de sable de rebut n'ont fourni que des traces d'or; ce qui prouve la perfection du lavage sur l'appareil que nous venons de décrire.

Un lavage de 12 heures exige le nombre suivant d'ouvriers :

Pour 2 boutars à une auge,

Chargeurs de sable. . . .	2 hommes.
Trieur de cailloux. . . .	1
Laveurs (un par auge). . .	2

Pour 1 boutar à deux auges :

Chargeur de sable. . . .	1
Trieur de cailloux. . . .	1
Laveurs.	2

Pour les 3 boutars.

Conducteurs de manège, (enfants de 12 ans). . .	3
Rinceur.	1
Machiniste.	1
Raccommodeur d'outils. .	1
TOTAL.	15
Chevaux.	6

On lave, selon la nature des sables :

Sur le bouter à une auge de 1000 à 1200 pouds.

Sur le bouter à deux auges de 1200 à 1500 —

Sur les 3 boutars. . . . de 3200 à 3900 —

Ce qui donne par homme de 214 à 260 pouds.

Le bouter a sur les autres appareils de lavage l'avantage : d'une part, de laver plus de sable, à moins de frais, et avec moins de fatigue pour les ouvriers; de l'autre, de ne laisser perdre qu'une très-petite quantité des fines parcelles d'or.

Les boutars à une auge sont moins avantageux que les boutars à deux auges. Dans les premiers, les parties fines des sables n'ont pas le temps de sortir de l'auge, et s'y déposent en une couche épaisse où l'or s'empâte, ce qui enrichit les rebuts. Sur les boutars à deux auges, le sable et l'eau se partagent au contraire en deux parties égales, et coulent par couche mince, ce qui facilite la séparation de l'or et diminue la richesse des rebuts. Les griffes employées dans les cribles horizontaux de l'Oural donnent, il est vrai, des résultats aussi satisfaisants que les herse de M. Buikoff; mais pour le lavage des sables argileux, ces herse ont l'avantage sur les griffes : car elles broient un dixième de sable en plus.

Au lieu de râteaux à manche fixe, M. Buikoff emploie des fourchettes dont le manche traverse l'arbre tournant, et qui à une plus grande solidité réunissent l'avantage d'être d'une plus facile répara-

tion. Quand le bout des manches auxquels sont fixés les râteaux se casse, ou quand les auges ont, à cause de leur usure, besoin d'être rabotées, il suffit, au lieu de changer les manches, de les faire descendre un peu de l'arbre.

Le lavage de 3200 pouds de sables (52.390^k) à 36 dol. par 100 pouds, employant, ainsi qu'on l'a vu, 15 ouvriers et 2 relais de chevaux, coûtera :

Salaires de 10 ouvriers et	
de 5 aides.	2 rbls, 83 kop.
Vivres.	50
Fourrage pour 6 chevaux.	60
Entretien.	18

L'exploitation de 3200 pouds, le transport à l'atelier de lavage, l'enlèvement des rebuts et la réparation des outils emploieront, en comptant 1000 poud (16.372^k)s de sable par sagène cube exploitée, 40 hommes qui coûteront :

Salaires.	8 rbls.
Vivres.	1

Pour déblayer 5 sag. cub. de tourbe formant le recouvrement de 3200 pouds de sable, il faudra, en comprenant les ouvriers employés à la réparation des outils, 27 hommes qui coûteront :

Salaires.	5 rbls, 40 kop.
Vivres.	67 :

L'ensemble de ces diverses dépenses constitue un total de 19 rbls, 18 $\frac{1}{2}$ kop.

Si nous y ajoutons pour l'achat des outils neufs, les appointements des employés, et les frais d'hôpitaux, etc., 1 rbl. par zol. (0^k,00426) d'or obtenu, chaque zolotnik d'or reviendra à 2 rbls 59 $\frac{1}{4}$ kop. Mais plus les sables seront riches, et plus ce prix de revient décroîtra.

Explication des fig. 4, 5 et 6, Pl. IV.

- A. Manège.
- B. Plancher de la laverie.
- C. Chéneaux de distribution de l'eau de lavage.
- D. Pignons engrenant avec la roue horizontale du manège.
- D'. Engrenages transmettant le mouvement des pignons D aux herses des cribles F.
- E. Trémies par lesquelles le minerai est jeté du plancher B dans les cribles F.
- F. Cribles ronds, cerclés de fer, dans lesquels descend le sable à laver.
- G. Caisse pour les gros cailloux rejetés par les herses des cribles F.
- H. Réservoir et grille, où les gros cailloux achèvent de se rincer.
- a. Herses-broyeurs.
- b. Traverses horizontales traînant les herses.
- c. Arbres moteurs des traverses b.
- d. Manchon pour embrayer l'extrémité supérieure de l'arbre b avec l'axe des roues d'engrenage D'.
- e. Canaux troués donnant l'eau aux cribles F.
- f. Ouverture pour le passage des gros cailloux du crible F dans la caisse G.

- g.* Vanne pour le passage des gros cailloux de la caisse G dans le réservoir H.
 - h.* Plan incliné sur lequel le sable fin glisse dans l'auge de lavage.
 - i. k. l.* Mécanisme servant à transmettre le mouvement à l'arbre de l'auge.
 - m.* Auge conique de lavage.
 - n.* Arbre à râteaux de l'auge de lavage.
 - o.* Cases de l'auge de lavage.
 - p.* Manches des râteaux.
 - q.* Râteaux.
 - r.* Grille retenant les petits cailloux qui descendent de l'auge *m.*
 - s.* Réservoir où se dépose le schlich gris.
 - t.* Ouverture par laquelle s'écoule l'eau de lavage.
 - u.* Tables de lavage.
 - v.* Bassins d'eau.
 - Corps de pompe pour élever l'eau des bassins *v* dans les conduits distributeurs C.
-

PRÉPARATION MÉCANIQUE

DU MINÉRAI D'ARGENT DE NERTCHINSK.

PAR LE MAJOR KOVRIGUIN 1^{er}.

Chargé par S. Excellence le Directeur-général du corps des Mines d'appliquer aux minerais de la contrée de Nertchinsk les procédés de préparation mécanique actuellement usités à l'étranger, j'ai commencé mes essais à Kadaïnsk.

Mon premier soin fut de faire subir aux minerais d'Ossinovsk un essai de triage qui remplit toutes les conditions nécessaires au succès de la préparation mécanique. On commença par un cassage (*Ausschlagen*) ayant pour but de débarrasser le gros minerai de sa gangue. L'essai a été pratiqué sur le produit d'une exploitation de plusieurs jours; il a fourni :

1° 5 pouds, 25 liv. (93^k,10) ou 0,44 ÷ de minerai bon à fondre (galène), tenant au poud 5 ÷ zol. d'argent (0,001497) et 18 liv. (7^k,37) de plomb.

2° 347 pouds, 8 ÷ liv. (5684^k,56) ou 27,25 ÷ de minerai à cribler par dépôt (*), tenant au poud

(*) On désigne de ce nom un minerai où la galène est disséminée en abondance et par gros grains : cette sorte est soumise à un bocardage grossier et au criblage par dépôt.

1 $\frac{3}{4}$ zol. d'argent (0,000456) et 5 liv. (2^k,05) de plomb.

3° 263 pouds, 36 liv. (4320^k,57) ou 20,72 $\frac{1}{2}$ de minerai à bocarder(*), tenant au poud $\frac{1}{2}$ zol. d'argent (0,000163) et 1 $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,61) de plomb.

4° 15 pouds, 28 liv. $\frac{1}{2}$ (257^k,24) ou 1,24 $\frac{1}{2}$ de menus débris du cassage au marteau, tenant au poud 2 zol. d'argent (0,00052) et 7 liv. (2^k,86) de plomb.

5° 157 pouds, 37 $\frac{1}{2}$ liv. (2585^k,75) ou 12,39 $\frac{1}{2}$ de gangue stérile.

6° Aux cinq catégories précédentes il faut joindre 483 pouds, 24 $\frac{1}{2}$ liv. (7917^k,70) ou 37,96 $\frac{1}{2}$ de minerai qu'on recueille dans les tailles mêmes et qui renferme 1 zol. $\frac{1}{2}$ d'argent (0,00039) et 3 $\frac{1}{2}$ liv. (1^k,43) de plomb par poud.

La somme des six sortes précédentes forme un total de 1274 pouds (20.857^k,92).

De cette classification découlaient la nature des opérations et l'espèce d'appareils qu'exigeait la préparation mécanique des minerais de Nertchinsk; l'on procéda immédiatement, sous ma direction, à l'installation de l'atelier, conformément aux plans que j'avais dressés et que M. le Directeur-général du corps des Mines avait bien voulu approuver.

En juillet 1840, on avait déjà terminé : sur la mine même, un atelier de triage susceptible d'être

(*) La galène est disséminée en moindre quantité et par grains plus fins dans cette sorte que dans la précédente. Elle doit, avant de passer au lavage, être bocardée très-fin.

chauffé, à 1 verste de la mine; près de la source de Chargadar, une laverie également susceptible d'être chauffée, et exclusivement destinée au traitement du minerai des tailles. En août, la digue du ruisseau d'Ildikan, à 3 verstes de l'exploitation, fut relevée, sur toute sa longueur qui est de 154 sag. (329^m), de 1 $\frac{1}{2}$ à 1 $\frac{3}{4}$ arch. (0^m,94 à 1^m,24) et reçut à sa partie supérieure une largeur de 3 $\frac{1}{2}$ sag. (7^m,47). Enfin, on convertit l'ancien bocard à sec en un bocard à eau, et on adjoignit à ce dernier 2 tables à secousse, 6 tables à balais et 4 cribles par dépôt.

L'atelier de triage a été construit pour 36 ouvriers sur le modèle de ceux de Saxe. On lui donna la forme d'un hexagone régulier, parce qu'on profita, pour l'établir, de l'emplacement d'un ancien atelier de triage qui avait cette forme, et où l'on n'eut qu'à remplacer quelques poutres pourries.

L'atelier de triage a coûté 209 rbls, 51 kop. arg.; la digue et le canal d'eau, 739 $\frac{1}{2}$ rbls.

*Préparation mécanique du minerai n°6 (pag. 123)
et d'anciens schlamms de rebut.*

La laverie de Chargadar se compose d'une table tamisante pareille à celles du Hartz' (*Räder-Wasche* ou *Separations-Räder*), de 5 cribles par dépôt, également faits sur des modèles du Hartz, d'une table à schlamms, d'une table de triage et de plusieurs canaux où s'arrêtent le minerai qui traverse

le dernier crible de la table tamisante et les boues qui s'échappent des cuves des cribles par dépôt.

La laverie et tous ses accessoires ont coûté 426 rbls arg.

La table tamisante partage le minerai en 7 sortes ou grosseurs, savoir :

- 1° Les grains qui ont plus de 1 pouce (0^m,25).
- 2° Les grains qui ont plus de $\frac{3}{4}$ pouce (0^m,19).
- 3° Les grains qui ont plus de $\frac{1}{2}$ pouce (0^m,009).
- 4° Les grains qui ont plus de $\frac{3}{16}$ pouce (0^m,004).
- 5° Les grains qui ont plus de $\frac{1}{8}$ pouce (0^m,002).
- 6° Les grains qui ont plus de $\frac{3}{64}$ pouce (0^m,001).
- 7° Les menus qui passent par le crible le plus fin et se déposent dans les canaux.

Les deux premières sortes sont triées à la main ; l'on traite les quatre suivantes sur les cribles par dépôt, et la dernière est lavée sur la table à schlamms.

Les cribles par dépôt sont au nombre de 5. Ils ont 2 pieds (0^m,61) de diamètre ; les trous des quatre premiers ont respectivement $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{16}$ pouce (0^m,013 ; 0^m,006 ; 0^m,003 et 0^m,0015). Le cinquième crible a des trous deux fois plus fins que le quatrième. Les deux premiers cribles sont en fer et les trois autres en cuivre.

La table tamisante est mise en jeu au moyen d'une roue mue par deux hommes.

L'eau nécessaire à la table tamisante, aux cuves des cribles par dépôt et à la table à schlamms, est

fournie par une pompe à main employant la force de deux hommes.

Dès que la laverie fut terminée, on procéda aux essais de nouvelle préparation mécanique, sur le minerai des tailles et sur des schlamms, qu'on rejetait dans l'ancien mode de traitement. Je dirigeai moi-même les deux premiers essais, en présence du directeur des mines et de l'inspecteur de la localité. Les suivants furent faits par l'inspecteur, conformément à mes instructions. On s'occupa surtout des minerais d'Ossinovsk, qui entrent pour une proportion considérable dans les produits de l'exploitation. Malheureusement les travaux de la mine avaient été momentanément suspendus et les minerais qu'on soumit aux essais n'étaient pas tels qu'on les retire immédiatement des cribles, mais déjà appauvris par un premier triage à la main. Nonobstant cette circonstance désavantageuse, les résultats de la nouvelle préparation mécanique furent des plus satisfaisants, et l'on constata les faits suivants.

1° La teneur du minerai des tailles d'Ossinovsk est amenée de 91 dol. d'argent et de $2\frac{1}{2}$ liv. de plomb, à $3\frac{3}{4}$ zol. d'argent et à $12\frac{1}{4}$ liv. de plomb; la perte en argent n'est que de $17,23\frac{1}{2}$ et la perte en plomb de $17,46\frac{1}{2}$.

2° Les schlamms d'Ossinovsk, de Voskressensk et de Siméonobogdanovsk, qu'on rejetait dans l'ancien mode de préparation, quoiqu'ils tinssent $\frac{1}{4}$ zol.

d'argent et $2\frac{1}{2}$ liv. de plomb, donnent des schlichs à la teneur de 3 zol., 54 dol. d'argent et de $13\frac{1}{2}$ liv. de plomb. La perte est de 15,89 $\frac{1}{2}$ sur l'argent et de 22,03 $\frac{1}{2}$ sur le plomb.

3° La teneur du minéral des tailles de Siméonobogdanovsk monte de 2 zol. d'argent et de $8\frac{1}{2}$ liv. de plomb, à 5 $\frac{1}{2}$ zol. d'argent et à 20 liv. de plomb. La perte en argent est de 5,47 $\frac{1}{2}$ et la perte en plomb de 8,17 $\frac{1}{2}$.

4° Les frais de traitement reviennent à 1 ou 1 $\frac{1}{4}$ kop. ass., par poud de minéral et de schlamms.

5° On peut, suivant la grosseur et la qualité du minéral des tailles, en traiter de 280 à 420 pouds sur une table tamisante, en 10 heures de travail.

La durée du criblage par dépôt varie selon la grosseur des cribles, et est exprimée par les rapports ci-dessous :

Le rapport de la durée du travail sur le crible de 1^{re} grosseur à la durée du travail sur le crible de 2^e grosseur est compris entre 3 : 1 et 1 $\frac{2}{3}$: 1 ;

Le rapport de la durée du travail sur le crible de 2^e grosseur à la durée du travail sur le crible de 3^e grosseur est compris entre 3 $\frac{3}{4}$: 1 et 1 $\frac{1}{4}$: 1 ;

Et ainsi de suite.

Si donc l'on veut que le travail marche d'une manière régulière et que chaque crible soit continuellement alimenté, il faut d'abord commencer le criblage sur 2 ou 3 cribles de 1^{re} grosseur à la fois,

puis sur 2, 3 ou 4 cribles de 2^e grosseur, et ainsi de suite.

Il est impossible d'établir une comparaison parfaitement exacte entre les produits de la nouvelle et de l'ancienne préparation mécanique; car indépendamment des minerais en grains et des schlichs bons à fondre, la nouvelle laverie fournit des produits qui doivent repasser ensuite au bocard, aux cribles par dépôt, etc. Toutefois, si pour réaliser autant que possible cette comparaison, on suppose: d'une part, que le traitement définitif des produits incomplètement préparés par la nouvelle laverie entraîne une perte de 40 % d'argent et de 25 % de plomb; d'autre part, que la fonte des minerais en grains et des schlichs obtenus par le nouveau procédé occasionne le même déchet en métal, la même consommation de charbon et en général les mêmes dépenses, que la fonte des produits similaires, moins riches et beaucoup moins purs d'ailleurs, obtenus par l'ancien procédé; on trouve que le nouveau traitement donne par 1000 pouds de minerai des tailles d'Ossinovsk, un bénéfice de 123 rbls ass. environ sur l'ancien. A cet avantage, il faut encore ajouter celui d'utiliser les schlamms qu'on perdait autrefois et dont on extrait aujourd'hui des schlichs à la teneur de $3 \frac{1}{7}$ zol. en argent et de 13 liv. en plomb, moyennant une dépense qui, à ne point tenir compte du plomb, ne porte le prix de revient du zolotnik d'argent qu'à 5 kop. ass. environ.

Ces résultats parlent assez haut et il y a lieu de penser qu'ils serviront de base à une grande et régulière installation de préparation mécanique.

Préparation mécanique des minerais, désignés sous les n^{os} 2 et 3, pages 122 et 123.

Nous avons vu, au commencement de ce mémoire, qu'on avait converti l'ancien bocard à sec en un bocard à eau, et qu'on y avait réuni 4 cribles par dépôt, et une laverie neuve composée de 2 tables à secousse et de 6 tables à balais. Le bocard, le labyrinthe à 6 sections qui lui fait suite, et les cribles par dépôt ont coûté 461 rbls, 3 $\frac{3}{4}$ kop. arg. ; la laverie est revenue à 735 rbls, 54 $\frac{6}{7}$ kop. arg.

Afin que les résultats de l'essai fussent plus décisifs, j'ai choisi pour mes expériences le minerai à bocarder le plus pauvre, celui qui renfermait $\frac{1}{2}$ zol. d'argent et 1 $\frac{1}{2}$ liv. de plomb par poud.

La quantité de minerai soumise à l'essai était de 1000 pouds (16.372^l). Elle fut bocardée, moitié à gros grain, moitié à grain fin.

Le tableau inséré pages 136-137 fait voir qu'on traite, en bocardant gros, 65 pouds (1064^l) de minerai par jour et par pilon, et en bocardant fin, 35 pouds (573^l). Mais si l'on compte dans le temps nécessaire au bocardage des 1000 pouds (16.372^l) de minerai, le temps employé au bocardage de 329 pouds (5386^l) de minerai de bocard, qu'a fournis le criblage par dépôt des schlamms du bocardage à gros grain, on

n'a plus, par jour et par pilon, qu'un traitement de 32 $\frac{1}{2}$ pouds (532^l). Les schlamms de bocard ont donné, par poud, les teneurs suivantes : dans les 1^{re} et 2^e sections, $\frac{1}{2}$ zol. d'argent et 1 $\frac{3}{4}$ liv. de plomb ; dans les 3^e et 4^e sections, $\frac{3}{4}$ zol. d'argent et 2 liv. de plomb ; dans les 5^e et 6^e sections, $\frac{7}{8}$ zol. d'argent et 2 $\frac{1}{2}$ liv. de plomb ; et dans le bassin où débouche le dernier canal, $\frac{3}{4}$ zol. d'argent et 2 liv. de plomb.

Le gros schlamm provenant du bocardage à gros grain a été criblé par dépôt sur les cribles de $\frac{1}{4}$, de $\frac{1}{8}$ et de $\frac{1}{16}$ pouce (0^m,0032 à 0^m,0008). Le schlich qu'a fourni ce criblage tenait de 1 $\frac{1}{4}$ à 1 $\frac{3}{4}$ zol. en argent et de 4 à 5 $\frac{1}{2}$ liv. en plomb. On s'explique d'ailleurs aisément pourquoi sa richesse n'a pu s'élever davantage, en considérant que la galène a dû, dans le bocardage à gros grain, rester associée à une proportion considérable de blende et de gangue, association qu'un bocardage à grain fin eût pu seul détruire.

Les schlamms des deux premières sections du canal qui fait suite au bocard, ceux des deux sections médianes et le sable qui traverse le crible par dépôt de $\frac{1}{32}$ pouce, ont été lavés sur des tables à secousse. Une table traitait 115 pouds (1883^l) par jour, sans compter le relavage des sables de ses réservoirs et autres produits intermédiaires.

Les schlamms des deux premières sections ont été repassés trois fois sur la table. Ils ont donné, ainsi que le minerai tombé du crible de $\frac{1}{32}$ pouce :

1^{re} un schlich de 1^{re} sorte, à la teneur de $3\frac{1}{2}$ zol. d'argent et de 10 ou 11 liv. de plomb; 2^o un schlich de 2^e sorte, à la teneur de $1\frac{3}{4}$ zol. d'argent et de $4\frac{1}{2}$ liv. de plomb.

Les schlamms des deux sections médianes n'ont été repassés que deux fois et ont fourni : 1^{re} un schlich de 1^{re} sorte, à la teneur de 4 zol. d'argent et de 12 liv. de plomb; 2^o un schlich de 2^e sorte, à la teneur de 2 zol. d'argent et de 6 liv. de plomb.

Les schlamms des deux dernières sections ont été traités sur des tables à balais. Chacune de ces tables traitait, par 10 heures de travail, $10\frac{3}{4}$ pouds (170^l) de schlamms. Le schlich de 1^{re} sorte qu'on en a retiré tenait, par poud, 2 zol. d'argent et 7 liv. de plomb. Le schlich de 2^e sorte tenait $\frac{2}{4}$ zol. d'argent, et 2 liv. de plomb; il devait subir un traitement complémentaire. Le sable des réservoirs des tables tenait $\frac{1}{2}$ zol. d'argent et 1 liv. de plomb. ●

Le bassin où débouche le canal du bocard n'était point assez rempli de schlamms, pour qu'on ait jugé utile de le vider.

La gangue, qu'on isola dans le criblage par dépôt et dans le lavage, a manifesté une teneur variable : pour l'argent, depuis une trace jusqu'à $\frac{1}{4}$ zol.; et pour le plomb, depuis une trace jusqu'à $\frac{1}{2}$ liv.

Quoique le bassin de schlamms n'ait pas été vidé, et que le déchargement des schlamms retirés des dernières sections des canaux ait, en raison de la

faible masse de minerai traité, occasionné un déficit plus ou moins considérable, on n'a pourtant perdu que $40,80 \div$ d'argent, et $39,86 \div$ de plomb. Cette perte diminuera nécessairement quand les opérations seront conduites sur une plus grande échelle, et les progrès que fera l'habileté des laveurs l'atténueront encore davantage.

L'essai dont nous venons de rendre compte a été fait en présence de l'inspecteur de la mine de Kadäinsk, auquel j'ai montré le travail et laissé pour la suite les instructions suivantes.

1. Les minerais désignés sous le n° 2, page 122, tenant $1 \frac{1}{2}$ zol. et plus d'argent, doivent être bocardés gros et traités sur des cribles par dépôt, échelonnés depuis $\frac{1}{2}$ pouce jusqu'à $\frac{1}{16}$ pouce. Le minerai qui passe à travers le crible de $\frac{1}{16}$ pouce doit être lavé sur la table à secousse.

2. Ceux des minerais désignés sous le n° 3, page 123, qui tiennent de 1 à $1 \frac{1}{2}$ zol. d'argent, doivent être bocardés à moyen grain. Le gros schlamm, qu'on en obtient dans les premières sections du labyrinthe, doit être criblé par dépôt sur le crible de $\frac{1}{16}$ pouce. Le minerai qui traverse ce dernier doit, comme dans le cas précédent, être traité sur la table à secousse.

3. Ceux des minerais désignés sous le n° 3, page 123, qui tiennent moins de 1 zol. d'argent, doivent être bocardés fin, et les schlammes qui en résultent, traités directement sur la table à secousse.

Les tables à secousse doivent, quand on y lave le minerai passé par le crible de $\frac{1}{3}$ pouce, ou les schlamms des premières sections du labyrinthe, avoir une inclinaison de 5 à 6 degrés, recevoir un choc de 6 à 7 pouces, et ne pas battre moins de 40 oscillations par minute. Plus le schlamm est gros, plus il faut leur donner d'eau.

Les schlamms des deux sections médianes du labyrinthe doivent aussi être lavés sur des tables à secousse, mais l'inclinaison de ces dernières ne doit pas dépasser 4 degrés, et leur choc 3 ou 4 pouces. Il faut aussi leur donner moins d'eau que dans le cas précédent.

Les dépôts de l'avant-dernière section du labyrinthe peuvent, suivant leur grosseur, être lavés sur des tables à secousse, ou sur des tables à balais; mais les schlamms de la dernière section et ceux du bassin qui lui fait suite doivent, dans tous les cas, être exclusivement traités sur les tables à balais. Les tables à secousse, quand on peut s'en servir pour les schlamms de l'avant-dernière section, doivent avoir encore moins d'inclinaison, de choc, et d'eau que pour les schlamms des sections médianes.

Quelle que soit la sorte de schlamms qu'on ait à traiter, on doit en continuer le lavage jusqu'à ce qu'elle ait atteint le degré de pureté nécessaire. Les uns, comme les gros schlamms des premières sections du labyrinthe, devront être repassés trois et même quatre fois; les autres, et notamment

ceux des deux sections médianes et de l'avant-dernière section, ne devront être repris que deux ou trois fois au plus. Voici l'ordre de ces reprises, en supposant qu'il s'agisse des schlamms des premières sections :

Le premier lavage fournit :

- | | |
|--|---|
| a. Schlich de tête de premier lavage qu'on laisse s'accumuler jusqu'à quantité suffisante. | } Le réservoir de la table est fermé, et la gangue emportée par le courant d'eau. |
| b. Schlich de milieu qu'on repasse avec le schlamm. | |

Le deuxième lavage s'applique au schlich de tête a, et fournit :

- | | |
|---|--|
| a'. Schlich de tête de second lavage. | } Le réservoir de la table est ouvert et en reçoit les égouttures. |
| b'. Schlich de milieu, qu'on repasse avec le schlich de tête a. | |

- | | | |
|----------------------------|--|---|
| c. Schlich de queue. | } Ces schlichs sont lavés ensemble, mais séparément des schlamms, et donnent un schlich dit de 2 ^e sorte. | } Le réservoir de la table est fermé, et la gangue emportée par le courant d'eau. |
| d. Égoutture du réservoir. | | |

Le troisième lavage s'applique au schlich de tête a', et fournit :

- | | |
|----------------------------|--|
| a''. Schlich bon à fondre. | } Le réservoir de la table est ouvert et en reçoit les égouttures. |
| b''. Schlich de queue. | |

Le quatrième lavage s'applique au schlich b'', seul ou mêlé avec a', et fournit :

- | | |
|-----------------------------|---------|
| a'''. Schlich bon à fondre. | } Idem. |
| b'''. Schlich de queue. | |

Le *cinquième lavage* s'applique au schlich b''' , seul ou mêlé avec a' , et produit :

a''' . Schlich bon à fondre : de 1^{re} sorte, si on lave un mélange de b''' et de a' ; de 2^e sorte si on lave b''' seul.

b''' . Schlich de queue, considéré comme schlich bon à fondre de 2^e sorte, ou soumis au sixième lavage.

Le réservoir de la table est ouvert et en reçoit les égouttures.

Et ainsi de suite.

Les égouttures recueillies dans le réservoir des tables, à partir du 2^e lavage, et le schlich du dernier lavage sont lavés ensemble, et donnent un schlich de 2^e sorte; on ferme dans ce cas le réservoir de la table, et on laisse perdre les égouttures.

Les essais, dont nous venons de rendre compte, ont eu pour résultat l'installation en grand des nouveaux procédés de préparation mécanique sur la mine de Kadaïnsk. La marche du travail indiquera, par la suite, les modifications dont ils sont susceptibles. On a déjà commencé, vers la fin de juillet, à établir des appareils du même genre, mais sur une beaucoup plus grande échelle, aux mines de Klitchkinsk et d'Algatchinsk.

MATIÈRES TRAITÉES.	DURÉE du travail.	POIDS.
<i>Bocardage dans un bocard à 12 pilons battant 36 coups à la minute.</i>		
{ <i>A</i> Bocardage à gros grain du minéral brut d'Ossinovsk.	15 ^h 20'	500
{ <i>B</i> Bocardage à grain fin du minéral brut d'Ossinovsk.	29 ^h 15'	500
	44 ^h 35'	1000
Bocardage à grain fin du minéral de bocard obtenu dans le criblage par dépôt des gros schlamms de <i>A</i>	16 ^h 57'	329
TOTAUX ET MOYENNES.	61 ^h 32'	1329
Ou, en appliquant intégralement la durée du bocardage aux 1000 pouds du minéral brut.	61 ^h 32'	1000
<i>Lavage sur une table à secousse.</i>		
Lavage du minéral qui traverse les cribles par dépôt de la plus petite grosseur.	"	458
Lavage des schlamms déposés dans les quatre premières sec- tions du labyrinthe lors du bocardage <i>B</i>	161 ^h 30'	316
TOTAL.	"	774
<i>Lavage sur une table à balais.</i>		
Lavage des schlamms des dernières sections du labyrinthe.	10 ^h	10 $\frac{2}{3}$

DES ESSAIS

MINE DE KADAÏNSK, SUR LES MINÉRAIS D'OSSINOYSE.

TENEUR par pond.		TOTAUX					OBSERVATIONS.
ARGENT — Zolotn.	PLOMB. — Zolotn.	DE L'ARGENT.			DU PLOMB.		
		Poids.	Livres.	Zolotn.	Poids.	Livres.	
$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	"	2	58	18	30	{ Le produit d'un pilon, par jour, est de 68 pouds.
$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	"	2	58	18	30	
$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	"	5	20	37	20	{ Le produit d'un pilon, par jour, est de 38 pouds.
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	{ Le produit d'un pilon, par jour, est de 43 pouds.
$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	"	5	20	37	20	
$\frac{5}{6}$	2	"	"	"	"	"	{ L'atelier renferme 2 tables à secousse. Le lavage proprement dit dure 127 h. $\frac{1}{2}$, et le nettoyage de la table 34 h. Une table four- nit en 24 heures à un traite- ment de 115 pouds. sans compter le repassage des schlichs de milieu, des égout- tures, etc.
$\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$ à 2	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	{ Il y a 6 tables à balais.
$\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{2}$	"	"	"	"	"	

PRODUITS OBTENUS.	POUDS.	
<i>Criblage par dépôt.</i>		
Schlich bon à fondre.	39 $\frac{28}{40}$	
Mineral de bocard.	320	
Gangue.	252	
<i>Lavage.</i>		
Schlichs de 1 ^{re} sorte des tables à secousse.	34 $\frac{30}{40}$	
<i>Idem</i> des tables à balais.	3	
Schlichs de 2 ^e sorte des tables à secousse.	32 $\frac{25}{40}$	
Gangue des tables à secousse.	266	
Produits incomplètement lavés, tels que schlichs de milieu, égouttures, etc., des tables à secousse.	44	
Produit des tables à balais (y compris 28 pouds de schlich non terminé de 2 ^e sorte, tenant $\frac{3}{4}$ sol. d'arg. et 2 liv. de plomb).	35	
TOTAUX ET MOYENNES.	Schlichs bons à laver.	110 $\frac{23}{40}$
	Produits incomplètement préparés.	79
	Gangue.	518
	Perte.	"

DES ESSAIS

DE KADAÏNSK, SUR LES MINÉRAIS D'OSSINOVSK (*Suite*).

TENUEUR par poud.		TOTAUX						OBSERVATIONS.
		DE L'ARGENT.			DU PLOMB.			
ARGENT — Zolotn.	PLOMB. — Zolotn.	Poids.	Livres.	Zolotn.	Poids.	Livres.		
1 $\frac{49\frac{1}{2}}{96}$	4 $\frac{69\frac{1}{2}}{96}$	"	"	57 $\frac{3}{4}$	4	26 $\frac{1}{2}$	La perte est de 40,80 $\frac{0}{0}$ sur l'argent, et de 39,86 $\frac{0}{0}$ sur le plomb.	
1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	"	"	"	"	"		
stérile.		"	"	"	"	"		
3 $\frac{88}{96}$	11	"	1	28 $\frac{1}{8}$	9	21 $\frac{1}{2}$		
2	7	"	"	6	"	21		
1 $\frac{74\frac{1}{2}}{96}$	5 $\frac{31\frac{1}{2}}{96}$	"	"	58 $\frac{1}{2}$	4	15 $\frac{1}{4}$		
d'une trace à $\frac{1}{8}$	d'une trace à $\frac{1}{2}$	"	"	"	"	"		
53 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{68\frac{1}{2}}{96}$	"	"	24 $\frac{1}{2}$	1	30 $\frac{3}{4}$		
67 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{62\frac{1}{2}}{96}$	"	"	24 $\frac{1}{2}$	1	26 $\frac{1}{2}$		
2 $\frac{22}{96}$	6 $\frac{88}{96}$	"	2	54 $\frac{2}{8}$	19	4 $\frac{1}{4}$		
5 $\frac{5}{8}$	13	"	"	49	3	17 $\frac{1}{4}$		
"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	2	12 $\frac{5}{8}$	14	38 $\frac{5}{8}$		

PRÉPARATION MÉCANIQUE

DU MINÉRAI DE TCHÉRÉPANOVSK.

PAR LE CAPITAINE EN SECOND PICHKÉ.

Chargé par l'administration d'améliorer la préparation mécanique sur les mines de Zmeinogorsk, j'ai l'honneur de présenter ici la description des procédés de bocardage et de lavage auxquels j'ai soumis le minerai de Tchérépanovsk, pendant les quatre mois d'été de 1840.

Conformément à la décision du Conseil des mines et usines de Koluivano-Voskressensk, les minerais tenant $\frac{1}{4}$ zol. au moins, et 2 zol. au plus d'argent par poud (0,000165 à 0,000521) sont réservés pour le traitement par la voie humide. Le minerai de Tchérépanovsk consiste en quartz argentifère très-compacte; on le classe par le triage en trois sortes, savoir :

- 1° Le minerai de quartz pur.
- 2° Le minerai de quartz pyriteux.
- 3° Le minerai de quartz ocreux.

J'ai soumis séparément chaque sorte au bocardage et au lavage.

I. Préparation mécanique du minerai de quartz pur.

Mes essais ont porté sur 400 pouds (6549^k) de minerai de quartz pur, dont la teneur moyenne s'élevait à $\frac{1}{4}$ zol. par poud (0,000195). Ce minerai est si dur et l'absence des parties métalliques y paraît si complète qu'il donnait peu d'espoir de succès.

Le bocardage, pour cette sorte comme pour les autres, s'opérait alternativement dans deux bocards à cinq pilons construits sur le modèle hongrois, à cette différence près que le fond de l'auge était en pierre et que le sable produit par les pilons s'écoulait à la manière saxonne par une fente horizontale. La dureté extraordinaire du minerai et l'absence totale de parcelles de métal discernables ne laissaient de chances de succès, que moyennant un bocardage très-fin (*Todpochen*). Cette considération a motivé la disposition suivante. La hauteur de l'auge, depuis le fond jusqu'à la fente, était de 14 pouces (0^m,35), sa largeur de 12 pouces (0^m,30). Chacun des pilons, muni de son sabot, pesait 6 pouds (98^k,23). Ils étaient mis en jeu par une roue en-dessus exécutant de 10 à 13 tours par minute, et faisant battre dans le même temps à chaque pilon de 30 à 36 coups; leur chute était de 10 pouces (0^m,25). La quantité d'eau introduite dans

le bocard variait de $1 \frac{1}{2}$ à 2 pieds cubes ($0^m.043$ à $0^m.057$), par minute. On ne tarda pas à reconnaître l'avantage qu'il y aurait eu à augmenter la vitesse des pilons; mais la machine était encore trop nouvellement établie pour comporter une plus grande rapidité de mouvement. Néanmoins le bocardage des premiers 200 pouds (327^k) fut assez satisfaisant, à en juger par l'égalité du grain des schlamms qu'il produisit. A la vérité, le minerai était si dur qu'on n'en bocardait guère plus de 20 pouds ($327^k,44$) dans un poste de travail. Cette excessive dureté ne tarda même pas à exercer une influence très-fâcheuse sur la marche du travail. Il se forma à la surface inférieure des pilons des chambres qui détruisirent toute la régularité de leur action; le minerai qui se logeait dans ces cavités s'y arrondissait sans s'écraser; le reste au contraire se convertissait en schlamms si ténus qu'il était ensuite absolument impossible de les traiter sur les tables à secousse. De plus, la production de ces schlamms s'était tellement réduite, que le réservoir antérieur (*Gefälle*) ne se remplissait qu'une fois par 24 heures, ce qui ne représentait que $\frac{1}{4}$ ou 1 poud au plus ($12^k,28$ ou $16^k,37$) de minerai traité par jour et par pilon. C'est en vain qu'on essaya d'augmenter l'affluence de l'eau, la vitesse de l'arbre et la hauteur de chute des pilons; les résultats du bocardage, loin de s'améliorer, devinrent au contraire de moins en moins satisfaisants. Il

fallut arrêter l'appareil et nettoyer les auges des bocards.

Lorsque les auges furent nettoyées, on modifia la disposition des bocards, de manière à ce que l'affluence de l'eau dans chaque caisse s'élevât à 3 pieds cubes ($0^{\text{m}.\text{c.}},085$) par minute; que l'arbre à cames fît de 15 à 16 tours par minute, ce qui donne pour chaque pilon de 45 à 48 coups, et que la hauteur de chute des pilons atteignit 19 pouces ($0^{\text{m}},48$). Ces modifications eurent un plein succès et le bocardage recommença à donner de bons résultats.

Les produits des bocards parcourent, à leur sortie des auges, d'abord 3 caisses à fond incliné (Gefälle) où se déposent les schlamms à gros grain, ayant chacune $10^{\text{pl}.\text{c.}},6$ ($0^{\text{m}.\text{c.}},3$); puis 3 canaux ayant $1\frac{1}{2}$ pied ($0^{\text{m}},46$) tant en longueur qu'en largeur, et contenant $84^{\text{pl}.\text{c.}},4$ ($2^{\text{m}.\text{c.}},39$) de schlamms; enfin 3 bassins, situés hors de la laverie, et ayant chacun une capacité de $374^{\text{pl}.\text{c.}}$ ($10^{\text{m}.\text{c.}},61$). La distance totale que parcourent les boues des bocards jusqu'au canal d'écoulement, est de 21 sagènes ($44^{\text{m}},7$).

De 400 pouds (6549^{k}) de minerai brut, on a obtenu, déduction faite de l'humidité, 218 pouds ($3568^{\text{k}},66$) de gros schlamms propres à être traités sur les tables à secousse. Ces schlamms forment donc $54,5$ p. $\frac{\circ}{\circ}$ du minerai brut. Leur teneur était de $\frac{1}{4}$ zol. ($0,000195$) par poud. Ils sont, pour la grosseur du grain, fort analogues à ceux qu'on obtient en Saxe, en bocardant très-fin, dans les caisses

antérieures (Gefälle) et qu'on désigne des noms de *Zähauptel*, *Röschermittelschlamm*, *Zähermittelschlamm*, etc. Les conduits qui font suite aux caisses inclinées ont fourni 70 pouds ($1145^k,90$), ou $17,5$ p. \div , de schlamms fins, à la teneur de $\frac{1}{4}$ zol. ($0,000195$) par poud. Enfin les réservoirs situés hors de la laverie, ont donné 8 pouds ($130^k,96$) ou 2 p. \div de schlamms très-fins, à la teneur de $\frac{1}{8}$ zol. ($0,000130$) d'argent. En déduisant du minerai brut le total des trois sortes de schlamms, on trouve que la perte a été : en minerai, de 104 pouds ($1703^k,47$) ou de 23,0 p. \div ; en argent, de 17 zol. ($0^k,07242$) ou de 20,3 p. \div .

Quant aux essais de lavage des schlamms sur les tables à secousse et sur les tables à balais, ils ont démontré l'impossibilité d'appliquer au minerai de quartz pur les procédés ordinaires de la préparation mécanique.

Le lavage des gros schlamms sur les tables à secousse a été opéré dans les conditions suivantes. L'affluence d'eau pure était de $\frac{2}{3}$ pied cube ($0^m,019$) par minute, et l'affluence d'eau chargée de schlamms de $\frac{2}{3}$ à $\frac{1}{2}$ pied cube ($0^m,008$ à $0^m,006$). L'inclinaison de la table était de 4 pouces ($0^m,102$); le nombre des secousses, de 30 à 36 par minute; la tension (*Spannung*) de 5 pouces ($0^m,127$). On agitait constamment le schlamm dans la caisse placée au chevet de la table, pour qu'il se déposât sur cette dernière par couches uniformes.

Chaque table occupait un ouvrier, lequel ne lavait dans sa journée que 30 ou 38 pouds ($491^{\text{h}}, 16$ à $622^{\text{h}}, 14$).

Les schlamms des derniers canaux et ceux des bassins situés hors de la laverie, ont été traités sur des tables à balais. Pour se rendre un compte exact de la marche du lavage, on divisait chaque fois la table en trois compartiments; mais on eut beau repasser à trois reprises les schlamms de tête, ils ne gagnèrent rien en richesse et l'on dût arrêter le travail après un lavage de 365 pouds (5976^{h}).

L'impossibilité d'appliquer les procédés de la préparation mécanique au minerai de quartz pur tient à l'extrême ténuité des parties métalliques que renferme ce minerai. En effet, quoiqu'on eût bocardé très-fin, ces parcelles étaient pour la majeure partie restées engagées dans leur gangue; tandis que celles qui en avaient été détachées étaient, à raison de leur extrême légèreté, emportées par le courant d'eau hors des derniers bassins et par suite à jamais perdues.

II. Préparation mécanique du minerai de quartz pyriteux.

Le minerai qu'on obtient par triage sous le nom de quartz pyriteux, est un quartz presque aussi dur que le précédent, mais pénétré de fines parcelles de galène, de pyrite de fer et de pyrite cuivreuse.

Les essais ont porté sur deux qualités de teneur différente, savoir : sur 480 pouds (7859¹) de minerai à la teneur de $1 \frac{1}{2}$ zol. par poud (0,000391), et sur 1160 pouds (18.991¹) de minerai à la teneur de $\frac{1}{2}$ zol. (0,000195).

Le bocardage a été conduit comme pour le minerai de quartz pur, à cette différence près que l'affluence de l'eau a dû être portée jusqu'à 4 pieds cubes (0^{m.00},113) par minute, pour obtenir des schlamms d'un grain plus gros. Cette précaution était commandée par la présence des pyrites et du plomb sulfuré, qui auraient, si l'on eût bocardé trop fin, occasionné une perte considérable.

Une batterie de dix pilons a fourni 38 pouds (131¹) de minerai par journée de travail, ce qui fait pour chaque pilon 3 pouds, 32 liv. (62¹,21). Cette quantité paraîtra très-faible, si on la compare à celle que produisent les bocards de la Saxe et autres contrées, où chaque pilon donne, dans une journée de travail, de 8 à 16 pouds (131¹ à 262¹) de minerai. Mais en Saxe et dans le Hertz, on traite des minerais dont la gangue est en majeure partie composée de barytesulfatée, de calcaire, de fer spathique et autres substances d'une très-faible dureté, tandis que les quartz métallifères de Tchérépanovsk constituent, par leur excessive dureté, un minerai exceptionnel.

De 1640 pouds (26.850¹) de minerai brut, renfermant d'après l'essai 15 liv., 30 zol. (6¹,267) d'ar-

gent, on a obtenu 1260 pouds (20.629^k) ou 76,9 p. $\frac{\circ}{\circ}$ de schlamms contenant 11 liv., 72 zol. ($4^k,809$) d'argent ou 76,7 p. $\frac{\circ}{\circ}$ de l'argent du minerai brut. En comparant le poids des schlamms et celui du minerai, on trouve que la perte est : en minerai, de 380 pouds (6221^k), ou 23,1 p. $\frac{\circ}{\circ}$; en argent, de 3 liv., 54 zol. ($1^k,458$), ou 23,3 p. $\frac{\circ}{\circ}$.

Le lavage sur les tables à secousse et sur les tables à balais a réduit le poids des schlamms à 230 pouds (3766^k), ou 18,2 p. $\frac{\circ}{\circ}$, et l'argent qu'ils renfermaient à 6 liv., 49 zol. ($2^k,664$), ou 55,6 p. $\frac{\circ}{\circ}$. Les 44,4 p. $\frac{\circ}{\circ}$ d'argent perdu se répartissent comme il suit : 29,6 dans les schlichs de queue qui tiennent $\frac{1}{2}$ zol. d'argent au poud (0,000098), et dont la fonte ne présente aucun avantage; 14,8 dans les boues emportées hors des tables qui forment 22,6 p. $\frac{\circ}{\circ}$ de la masse totale des schlamms lavés.

Les schlamms provenant du minerai à la teneur de $\frac{1}{2}$ zol. d'argent par poud (0,000195), ont été lavés quatre fois et amenés ainsi à la teneur de 2 $\frac{1}{2}$ zol. (0,000651), tandis que les schlamms fournis par le minerai à la teneur de 1 $\frac{1}{2}$ zol. (0,000391), n'ont été lavés que trois fois et ont atteint la richesse de 3 zol. (0,000781). La concentration du métal a donc été proportionnellement plus grande pour les schlamms pauvres que pour les schlamms riches; mais en revanche les premiers ont donné lieu à une plus grande perte d'argent que les seconds, ce qui

est en effet le cas ordinaire des schlamms dont la pauvreté exige plusieurs lavages successifs.

III. *Préparation mécanique du minerai de quartz ocreux.*

Le minerai de quartz ocreux est formé d'un quartz plus ou moins carié dont les cavités sont remplies d'ocre argentifère. On a consacré aux essais suivants 1500 pouds (24.558^k) de ce minerai, tenant 1 zol. d'argent au poud ($0,000260$).

Le bocardage a été conduit avec une moindre affluence d'eau que dans les précédentes expériences, et les résultats en ont été assez satisfaisants; 10 pilons ont bocardé en une journée de travail environ 48 pouds (786^k) de minerai. La grande légèreté de l'ocre exigeait la plus grande attention dans la distribution de l'eau; et encore n'a-t-on pu éviter une grande perte en métal.

Des 1500 pouds (24.558^k) de minerai brut, contenant en total 15 liv., 60 zol. ($6^k,395$) d'argent, on retira 1153 pouds (18.877^k) de schlamms tenant 12 liv., 1 zol. ($4^k,916$) d'argent. La perte a donc été de 347 pouds (5681^k), ou 23,1 p. \div , en minerai, et de 3 liv., 59 zol. ($1^k,479$), ou 23,1 p. \div , en argent.

On ne s'est servi que des tables à secousse pour le lavage des schlamms; car le traitement des schlamms fins sur les tables à balais n'a présenté aucun avantage.

La légèreté de l'ocre a exigé qu'on modérât l'affluence de l'eau, l'inclinaison de la table, sa tension et le nombre des secousses. Nonobstant cette précaution, la concentration du métal s'est opérée très-lentement et les schlichs de tête n'atteignaient encore après quatre lavages, qu'une teneur de 2 zol. par poud (0,000521). Il est évident qu'ici, comme au bocardage, l'ocre disséminée dans la masse des schlamms à l'état de poussière très-ténue, était emportée hors des tables par le courant d'eau.

Les 1153 pouds (18.877^h) de schlamms ont fourni, après un triple lavage sur les tables à secousse, 130 pouds (2128^h), ou 11,2 p. $\frac{\circ}{\circ}$, de schlichs de tête, tenant 2 liv., 68 zol. (1^h, 110) d'argent ou 22,5 p. $\frac{\circ}{\circ}$ de l'argent des schlamms. Les 77,5 p. $\frac{\circ}{\circ}$ d'argent perdu se répartissaient comme il suit : 53,0 dans les schlichs de queue ; 24,5 dans les boues emportées hors des tables, lesquelles formaient 26,0 p. $\frac{\circ}{\circ}$ de la masse totale des schlamms lavés.

En examinant les résultats des expériences ci-dessus, il est facile de se convaincre, que le minéral de quartz ocreux a donné lieu par son extrême légèreté à la plus grande perte de métal. Cette perte eût sans doute été encore plus considérable, si les schlichs de tête eussent été repassés un plus grand nombre de fois sur la table de lavage.

Quant au nombre d'ouvriers employés aux di-

verses opérations de la préparation mécanique, il a varié selon la nature de leur travail.

En général le bocardage proprement dit occupait par jour deux hommes, l'un pour surveiller le mécanisme du bocard et l'autre pour nettoyer les caisses antérieures.

Les tables à secousse exigèrent d'abord chacune un ouvrier; mais quand les laveurs se furent faits au travail, il n'en fallut plus qu'un pour deux tables. Indépendamment des laveurs, il y avait par chaque couple de tables un ouvrier occupé à délayer les schlamms dans les caisses placées au chevet de ces dernières.

Le lavage sur les tables à balais a employé, par cinq tables, trois ouvriers, lesquels pourront se réduire à deux, dès qu'ils auront acquis plus d'habitude du travail.

Abstraction faite du minerai de quartz pur dont le traitement est impossible, 3140 pouds (51.408^k) de minerai de toutes sortes, renfermant 30 liv., 90 zol. ($12^k,662$) d'argent, ont fourni 360 pouds (5894^k), ou 11,4 p. $\frac{\circ}{\circ}$, de schlich de tête bon à fondre, contenant 29,7 p. $\frac{\circ}{\circ}$ de l'argent du minerai, ou 9 liv., 21 zol. ($3^k,774$), desquels on n'obtient que 6 liv., 69 zol. ($2^k,748$), en comptant un déchet de 64 dol. ($0^k,0032$) par poud de schlich.

La perte en métal a été, pour tous les travaux de préparation mécanique, de 15,1 p. $\frac{\circ}{\circ}$ d'argent;

ce chiffre ne comprend point l'argent contenu dans les schlichs de queue, et dont le total s'élève à 9 liv., 81 zol., 86 dol. (4^k,033). Car les schlichs de queue doivent, dans le travail en grand, être relavés avec les schlammas bruts, et l'argent qu'ils renferment ne doit pas en conséquence être compté dans les pertes de métal (*).

Le nombre des journées de travail employées au traitement des 3140 pouds (51.408^k) de minerai s'est élevé à 256.

Chaque poud (16^k,37) de schlich est revenu, toutes dépenses faites, à 23 $\frac{1}{2}$ kop. ass; le zolotnik (0^k,004260) d'argent, déduction faite du déchet, à 13 $\frac{1}{2}$ kop. ass., ce qui donne pour le total de l'argent obtenu, déduction faite du déchet, 84 rbls, 65 kop..

Quoique ces résultats puissent paraître peu satisfaisants, eu égard à la faible quantité d'argent extraite de la masse du minerai traité, la valeur de cet argent excède néanmoins les dépenses de la préparation mécanique. Il y a donc de l'avantage à opérer cette préparation, surtout si l'on considère que les qualités de minerai auxquelles on l'applique ne seraient, à raison de leur pauvreté, susceptibles d'aucun traitement métallurgique. Il

(*) Mes essais ayant pour but de rechercher comment chaque sorte de minerai se comportait à la préparation mécanique, j'ai été forcé de négliger les schlichs de queue, sous peine d'être entraîné à une perte de temps considérable.

convient d'ailleurs de remarquer que les ouvriers n'avaient encore jamais exécuté les opérations auxquelles je les ai employés, et que leur inexpérience a nécessairement dû exercer une influence fâcheuse sur la marche du travail.

PRÉPARATION MÉCANIQUE

DES DÉBLAIS DE LA MINE DE ZMEÏNOGORSK.

(PLANCHE III, FIG. 7, 8 ET 9.)

PAR LE CAPITAINE EN SECOND PICHKÉ.

Les déblais de la mine argentifère de Zmeïnogorsk forment, depuis l'épuisement du gîte, l'unique ressource de l'exploitation. Quoique pauvres, ces déblais assurent, à raison de leur masse considérable, un approvisionnement de plusieurs années, et leur traitement a jusqu'ici procuré d'importants bénéfices. Ces déblais se composent de débris, partie de hornstein, partie de schiste argileux, pénétrés par des veinules de baryte sulfatée. La première opération qu'on leur fasse subir est un triage à la main, qui a pour but d'isoler la baryte sulfatée de sa gangue.

Jusqu'à présent, on lavait le minerai sur les appareils hongrois dits *Fallwäsche*. Le gros était soigneusement trié. Le menu, qui se déposait dans les premiers canaux des *Fallwäsche*, était traité sur les cribles par dépôt; mais les cribles se manœuvraient à la main, ce qui est un travail fort

incommode, et l'opération du triage exigeait un très-grand nombre d'ouvriers.

La méthode qu'on suit aujourd'hui comprend les opérations suivantes :

1° Bocardage à gros grain et à sec, ayant pour but de réduire toute la masse des déblais à l'état de sable grossier;

2° Séparation du sable en sortes échelonnées selon la grosseur des grains, au moyen des tables tamisantes du Hartz (*Separations-Räder*);

3° Criblage par dépôt de toutes les sortes produites par les tables tamisantes.

La nouvelle laverie comprend 2 tables tamisantes superposées et 4 cribles par dépôt, tous mis en jeu par une roue en dessus.

Le minerai est, à sa sortie du bocard à sec, versé par une trémie sur la table supérieure. La table est formée de cinq plaques trouées, dont les jours ont $\frac{1}{2}$ pouce carré. Les grains de dimension plus petite sont entraînés par le courant d'eau sur la table inférieure. Le reste descend sur une grille fixe, en fonte, placée à la suite de la table supérieure et qui laisse passer les fragments de 1 pouce; les morceaux retenus par la grille sont triés à la main par deux enfants.

L'inclinaison de la table supérieure ne dépasse généralement pas 20 pouces (0^m,51) pour toute sa longueur; la hauteur de bascule que la roue lui imprime, est de 6 pouces (0^m,15).

La table inférieure est munie d'un double fond ; le fond supérieur est formé de 4 cribles, dont les trois premiers ont des trous de $\frac{3}{16}$ pouce carré, et le dernier, des trous de $\frac{3}{8}$ pouce carré. Immédiatement au-dessous des trois premiers cribles, s'en trouve un égal nombre à trous de $\frac{3}{32}$ pouce carré, lesquels forment le fond inférieur de la table. Le sable qui tombe sur le fond supérieur, s'y divise en trois sortes, savoir : 1° les grains qui ont plus de $\frac{3}{8}$ pouce carré et qui roulent, sans traverser les trous de la table, sur le plancher de la laverie ; 2 les grains de $\frac{3}{8}$ à $\frac{7}{16}$ pouce carré, qui descendent, sans les traverser, sur les trois premiers cribles, et tombent par les trous du quatrième dans une case spéciale ; 3° les grains de $\frac{3}{16}$ à $\frac{7}{32}$, qui descendent par les trois premiers cribles du fond supérieur, et restent, sans la traverser, sur la table inférieure ; le reste va former les schlamms des labyrinthes.

La table inférieure diffère de la table supérieure, non-seulement par ses dimensions et par son inclinaison, qui est de 30 pouces (0^m,76) pour sa longueur totale ; mais encore par la hauteur à laquelle la machine la soulève et qui est de 7 pouces (0^m,18). La pente et la chute indiquées pour la table inférieure, doivent être soigneusement observées, si l'on veut éviter son engorgement.

Au moyen des dispositions précédentes, le minerai se trouve partagé par les tables tamisantes en 4 sortes :

N° 1 grains de 1 à $\frac{3}{4}$ pouce carré.

N° 2 — $\frac{3}{4}$ à $\frac{3}{8}$ —

N° 3 — $\frac{3}{8}$ à $\frac{3}{16}$ —

N° 4 — $\frac{3}{16}$ à $\frac{3}{32}$ —

L'affluence d'eau sur les tables doit être continue, et son volume gradué suivant la cohésion du minerai.

Des 4 cribles par dépôt, deux servent au traitement des trois premières sortes, et les deux autres à celui de la 4°. Le fond de ces cribles est fait de fils de fer parallèles. Les fils des cribles destinés aux gros sables ont $\frac{3}{4}$ ligne d'épaisseur et $\frac{2}{3}$ ligne d'écartement. Les cribles fins sont faits, faute de fil de cuivre, avec des fils de fer minces, écartés de $\frac{1}{2}$ ligne (0^m,00084).

Les produits du criblage par dépôt se divisent en trois classes ou sortes qui se recouvrent l'une l'autre sur le crible, dans l'ordre de leur pesanteur spécifique. La couche supérieure est principalement formée de schiste argileux; elle contient à peine $\frac{1}{4}$ zol. d'argent par poud (0,0000651), et est rejetée. La seconde couche se compose pour la majeure partie de hornstein et de baryte sulfatée; elle renferme 1 zol. d'argent par poud (0,000260); ce produit, quoique moins facile à traiter que le suivant, vaut néanmoins la peine d'être fondu. Enfin la couche inférieure est composée de baryte sulfatée tout à fait pure; elle contient aussi 1 zol. d'argent par poud (0,000260).

Les schlamms que fournissent et les labyrinthes des tables tamisantes et les cribles par dépôt, se divisent en schlamms barytiques et en schlamms de hornstein. Les premiers se déposent exclusivement dans les premiers canaux. Les parcelles de hornstein et de schiste sont presque complètement emportées par le courant d'eau dans les sections suivantes.

Tous les schlamms dont la teneur moyenne s'élève à 94 dol. par poud (0,000255), sont livrés à l'usine.

Quant à la manière même dont est conduit le criblage par dépôt, elle est généralement la même que dans le Haut-Hartz où cette opération constitue une des branches essentielles de la préparation mécanique. Ainsi, l'on a, pour les plus gros sables, augmenté la chute des cribles et ralenti les secousses; pour les sables fins, au contraire, l'on a précipité les secousses et diminué l'excursion des cribles.

La quantité de minerai traité par journée de 12 heures a, dans les commencements, présenté de fréquentes variations, dues principalement aux temps d'arrêt inattendus qu'occasionna la nouveauté du mécanisme. Mais dans le courant du dernier mois, elle s'est élevée à 800 pouds (13.098^k), quantité équivalente à celle qu'on traitait dans le même temps avec trois appareils hongrois. En comparant ce résultat à celui qu'on obtient sur les

tables tamisantes du Hartz, on trouve que si les nôtres ont constamment exigé 2 enfants de plus auprès de chaque caisse pour y délayer le minerai, elles ont, en revanche, lavé en 12 heures de temps 210 pouds (3438^k) de plus que celles du Hartz.

Les cribles par dépôt sont disposés de manière qu'un seul aide peut en desservir deux à la fois. Chaque crible à 1 $\frac{1}{2}$ pied (0^m,46). On y passe en 12 heures de 110 à 120 pouds (1801^k à 1965^k) de minerai lavé. Cette quantité est insignifiante relativement à celle qu'on traite dans le Hartz; mais ici les approvisionnements de minerai de criblage sont toujours fort restreints, et l'on n'a aucun moyen d'en préparer d'aussi considérables que dans le Hartz.

La nouvelle laverie a commencé à marcher le 1^{er} juillet, et a été arrêtée le 11 octobre, à cause des froids. On a, dans ce laps de temps, traité en tout 41.710 pouds (682.876^k) de minerai qui, à la teneur moyenne de 61 dol. par poud (0,000165), contenaient 6 pouds, 39 liv., 80 zol. (114^k,5355) d'argent. On en a retiré : 1° 11.618 pouds (190.210^k) de schlich bon à fondre, renfermant, à raison de 1 $\frac{2}{3}$ zol. d'argent par poud (0,000282), 3 pouds, 13 liv., 52 dol., 72 zol. (54^k,7436) d'argent; 2° 4890 pouds (80.059^k) de schlamms, tenant, par poud $\frac{24}{100}$ zol. (0,000255), et en total 1 poud, 10 liv., 20 zol. (20^k,55) d'argent.

Le schlich et les schlamms forment donc un poids total de 16.508 pouds (270.169^k) ou 39,5 $\frac{1}{2}$ du minerai brut. Leur somme renferme 1 $\frac{6}{100}$ zol. d'argent

par poud (0,000275), et en total 4 pouds, 23 liv., 72 zol., 72 dol. (75^k,2122) d'argent, poids qui se réduit, à raison d'un déchet de 64 dol. par chacun des 16.508 pouds, à 1 poud, 29 liv., 11 zol., 40 dol. (28^k,291).

La préparation mécanique diminue donc la masse de minerai dans le rapport de 41.710 à 16.508 ou de 60,5 ‰, et la perte en métal est égale à l'excès de 6 pouds, 39 liv., 80 zol., sur 4 pouds, 23 liv., 72 zol., 72 dol., c'est-à-dire à 2 pouds, 16 liv., 7 zol., 24 dol. ou à 34,4 ‰.

L'ensemble des opérations dont se compose la préparation mécanique occupe pendant 12 heures 18 $\frac{3}{4}$ ouvriers.

Le plus grand avantage, que les tables tamisantes du Hartz et les cribles par dépôt aient offert sur les tables hongroises, consiste principalement, ainsi qu'on peut le voir par les deux tableaux ci-contre, en une économie de journées de travail, et en une diminution de perte en métal. A la vérité, la réduction qu'éprouve la masse du minerai, est dans le lavage sur les tables hongroises de 70 ‰, tandis qu'elle n'est ici que de 60 ‰. Mais cet avantage des tables hongroises n'est acheté, comme on vient de le dire, que par un excès de perte en métal.

TABLEAUX

DES RÉSULTATS OBTENUS DANS L'ANCIEN ET DANS LE

1^o ANCIEN MODE.*Lavage sur tables hongroises et criblage au crible par dépôt.*Du 1^{er} mai au 11 octobre 1840.

INDICATIONS DIVERSES.	Journées de travail.	POUNDS.	Teneur par poud.	TOTAL du métal contenu dans le minéral.			
				Zolotn.	Pounds.	Livres.	Dol.
Minéral brut soumis à la préparat. mécan.	»	100.800	$\frac{27}{32}$	13	1	84	»
<i>Produits du traitement.</i>							
{ Minéral de triage.	»	3.570	$\frac{27}{32}$	1	11	65	»
{ Schlichs de criblage.	»	19.160	$\frac{27}{32}$	4	26	16	48
{ Schlaums riches.	»	7.230	$\frac{27}{32}$	1	27	10	48
<i>Total des produits.</i>	6310	39.960	$\frac{27}{32}$	7	24	92	»
Argent extrait (le déchet étant de 64 dol. par poud de minéral préparé).	»	»	»	2	16	86	64
A 1 journée { minéral de triage.	»	$15\frac{27}{40}$	»	»	»	»	»
d'homme { schlichs de criblage.	»	$3\frac{27}{40}$	»	»	»	»	»
correspond : { schlaums riches.	»	$1\frac{27}{40}$	»	»	»	»	»

OBSERVATIONS.

Le minéral préparé. = 29,7 p. $\frac{0}{0}$ du minéral brut.L'argent du minéral préparé. . = 58,4 p. $\frac{0}{0}$ de l'arg. du min. brut.

La dépense totale est de 519 rbls, 44 kop. ass.

Le poud de minéral préparé revient à $1\frac{5}{8}$ kop. ass.Le zolotnik d'argent du minéral. . . $1\frac{3}{4}$ kop. ass.Le zolotnik d'argent extrait. $5\frac{1}{2}$ kop. ass.

COMPARATIFS

NOUVEAU MODE DE PRÉPARATION MÉCANIQUE.

2° NOUVEAU MODE.

*Lavage sur tables tamisantes du Hartz et criblage au crible par dépôt.*Du 1^{er} juillet au 11 octobre 1840.

INDICATIONS DIVERSES.		Journées de travail.	POUDS.	Teneur par poud.	TOTAL du métal contenu dans le minéral.			
				Zolotn.	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.
Mineral brut trié.		»	41.710	$\frac{61}{96}$	6	39	80	»
<i>Produits du traitement.</i>								
{	Schlichs de criblage.	»	11.618	$1 \frac{6}{96}$	3	13	52	72
	Schlamms riches.	»	4.890	$\frac{94}{96}$	1	10	20	»
<i>Total des produits.</i>		1945	16.508	$1 \frac{6}{96}$	4	23	72	»
Argent extrait (le déchet étant de 64 dol. par poud de mineral préparé).		»	»	»	1	20	11	40
A 1 journée d'homme correspond :	mineral de triage. .	»	21 $\frac{17\frac{1}{2}}{40}$	»	»	»	»	»
	schlichs de criblage.	»	5 $\frac{36\frac{2}{3}}{40}$	»	»	»	»	»
	Schlamms riches. . .	»	2 $\frac{23\frac{1}{2}}{40}$	»	»	»	»	»

OBSERVATIONS.

Le minéral préparé. = 39,5 p. $\frac{0}{100}$ de minéral brut.L'argent du minéral préparé. = 65.6 p. $\frac{0}{100}$ de l'arg. du minéral brut.

La dépense totale est de 179 rbls, 9 kop. ass.

Le poud de minéral préparé revient à 1 kop. ass.

Le zolotnik d'argent du minéral. . . . 1 kop. ass.

Le zolotnik d'argent extrait. 2 $\frac{3}{8}$ kop. ass.

Explication des figures 7, 8 et 9, Pl. III.

La fig. 7 représente en plan les tables tamisantes et les quatre cribles par dépôt.

La fig. 8 donne le profil vertical des tables tamisantes.

La fig. 9 fait voir un des cribles par dépôt.

A. Roue hydraulique en dessus.

aa. Arbre de la roue hydraulique.

B. Table de lavage supérieure.

C. Table de lavage inférieure.

D. Cuve à crible.

aa. Cames épicycloïdales.

bb. Tige communiquant le mouvement au châssis cc par l'intermédiaire des leviers coudés dd.

ee. Cames donnant le mouvement aux tables tamisantes par l'intermédiaire des deux leviers ff, des deux tiges gg et de l'équerre h.

i. Crible fixe, en fonte, destiné à retenir les gros fragments.

k. Contre-poids.

l. Bassins de schlamms des cribles.

m. Canal amenant l'eau de lavage.

n. Chéneau pour l'écoulement des schlamms des tables.

oo. Compartiment où se rassemblent les deux dernières sortes de sable fin.

p. Leviers communiquant directement le mouvement aux cribles.

q. Tiges servant à retirer les cribles de leurs cuves.

r. Trémies recevant le minerai destiné au criblage.

FORAGE

D'UN Puits ARTÉSIEN A ORENBOURG.

(PLANCHE III, FIG. 10, 11 ET 12.)

PAR LE CAPITAINE EN PREMIER MEIER.

Les forages de puits artésiens sont, sans contredit, une des plus importantes mesures que le gouvernement ait adoptées, dans ces derniers temps, pour vivifier la fertile contrée d'Orenbourg. On a choisi pour emplacement du premier essai la ville même d'Orenbourg, qui est, avec les steppes adjacentes, une des localités où le besoin d'eau se fait le plus sentir. L'espoir fondé sur cette entreprise se justifiait et se justifie encore par le grand développement des dépôts tertiaires qui constituent le sol d'Orenbourg et de ses environs, tels, par exemple, que les calcaires siliceux des rives de la Sakmara et d'Orenbourg, les grès des monts Grébéni et Maiatchnaïa, sur la rive droite de l'Oural, les gypses des monts Dongouzsk et du fort d'Iletz; les calcaires crayeux de l'Akouba, au delà de l'Ilek.

Le forage du puits artésien a été commencé en 1836, et confié jusqu'à ce jour à ma direction.

Le mémoire qu'on va lire est destiné à donner l'historique du travail. Je l'ai divisé en quatre parties :

La première indique les procédés de forage et la marche du travail ;

La deuxième est consacrée à la description des roches traversées par la sonde ;

La troisième traite des ruptures, éboulements et autres accidents du travail ;

La quatrième fait connaître les nappes d'eau rencontrées dans le forage.

§ I. *Procédés de forage et marche du travail.*

1836.

Le puits artésien d'Orenbourg a été commencé en mars 1836 avec une sonde à tiges de fer.

Avant d'ouvrir le trou de sonde, on pratiqua dans le sol une chambre à section carrée ayant 12 pi. (3^m,66) de côté et profonde de. . . 16 pi., 0 po.

C'est au centre de cette excavation qu'a été foré le trou de sonde; on le commença sous un diamètre de 4 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,11); il était parvenu, le 29 mai, à la profondeur de. 27 pi., 2 po.

On le continua au moyen d'un ciseau contondant de même calibre; un manège servait à faire battre et à relever la sonde. Le trou avait été ainsi amené, le 21 juillet, à. 177 pi., 3 po.

Pendant la durée de l'opération précédente, ,

on a dû élargir (comme on le verra dans le § III) la partie supérieure du trou de sonde, et lui donner un diamètre de $7 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,19$) jusqu'à la profondeur de 55 pi., 5 po. ($16^m,89$); cet élargissement a employé 15 jours, y compris le temps nécessaire pour modifier en conséquence les instruments. A en juger par la compacité des roches traversées (roches que nous décrirons plus tard), on n'avait point la crainte de rencontrer de sables coulants, qui eussent nécessité le tubage du trou; mais on pouvait percer des nappes d'eaux ascendantes, et il fallait être en mesure de les isoler. On prépara en conséquence des tuyaux de 8 po. ($0^m,20$), et l'on donna au forage un diamètre de $9 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,23$). Cet élargissement a été opéré jusqu'à 56 pi., 1 po. ($17^m,09$), au moyen de la tarière, et plus bas, à coups de ciseau. Le 20 août, le trou était déjà élargi sur une profondeur de 150 pi., 4 po.

On continua le travail avec le ciseau de $4 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,11$); il était arrivé, le 30 août, à 224 pi., 3 po.

A cette profondeur la sonde pesait 75 pouds (1228^k) et le choc de l'outil devenait si violent qu'on craignait à tout moment de le voir rompre. Aussi fallut-il renoncer à battre la sonde et ne la faire agir que par rotation. Au 13 octobre, le trou avait. 303 pi., 3 po.

Ce mode d'action ne convenait point à la dureté de la roche et le travail n'avancait que lentement. Aussi se décida-t-on, pour reprendre le forage par

percussion, à forger de nouvelles tiges plus légères que les premières. Pendant la fabrication de ces tiges, on continua l'élargissement du trou sur $9\frac{1}{2}$ pouces ($0^m,23$) de diamètre. Cet élargissement avait atteint, le 27 octobre, 233 pi., 10 po.

On reprit ensuite le forage par percussion avec un ciseau de $1\frac{1}{2}$ po. ($0^m,04$) monté sur les nouvelles tiges. Le trou était descendu, le 16 décembre, à. 390 pi., 6 po.

Le froid ayant atteint 22° R., on fut contraint de cesser le travail. Approfondissement du forage jusqu'à 390 pi., 6 po.; élargissement du trou de sonde au diamètre de $9\frac{1}{2}$ po. ($0^m,23$), jusqu'à la profondeur de 233 pi., 10 po.; tels furent les résultats obtenus dans la campagne de 1836.

1837.

On reprit les travaux le 16 mars 1837, à la fin des grands froids.

Les tiges légères dont on s'était servi à la fin de 1836 s'étaient très-fréquemment brisées; on préféra en revenir aux anciennes tiges. Le trou de sonde, continué sur le diamètre de $4\frac{1}{2}$ po. ($0^m,11$), fut poussé du 16 mars au 1^{er} avril, jusqu'à. . . 434 pi., 7 po.

L'on éprouva dans les derniers 10 pieds une grande difficulté à sortir la sonde de la portion du forage percé sur $4\frac{1}{2}$ po. ($0^m,11$); l'on dut en conclure que les eaux dont le trou était rempli, avaient fait gonfler les parois et rétrécir son dia-

mètre. Pour remédier à cet inconvénient, on commença le 1^{er} avril à élargir le trou de sonde jusqu'à une certaine (*) profondeur, et on lui donna $7 \frac{1}{2}$ po. (0^m,19) de diamètre. Cet élargissement avait été poussé, le 27 juin, à. . . . 407 pi., 2 po.

Du 27 juin au 18 août, le trou de sonde de $4 \frac{1}{2}$ po. (0^m,11), a été poussé à. . . . 500 pi., 7 po.

Du 18 août jusqu'au 19 septembre, on a continué d'élargir le trou au diamètre de $7 \frac{1}{2}$ po. (0^m,19) jusqu'à 478 pi., 10 po.

Du 19 septembre au 31 décembre, le trou a été poussé à la profondeur de. . . . 585 pi., 7 po.

Là s'arrêtèrent les travaux de 1837.

Le trou de sonde comprenait trois parties de diamètre et de longueur différents, savoir : la partie supérieure qui avait $9 \frac{1}{2}$ po. (0^m,23) de diamètre et 233 pi., 10 po. de longueur; la partie médiane qui avait $7 \frac{1}{2}$ po. (0^m,19) de diamètre, et 255 pi. de longueur; la partie inférieure qui avait $4 \frac{1}{2}$ po. (0^m,11) de diamètre, et 106 pi., 9 po. de longueur.

1838.

Les travaux furent repris le 1^{er} mars, et l'élar-

(*) Dans les cas où l'élargissement du trou de sonde n'a pour but que de faciliter l'extraction de la sonde, on a ordinairement soin de conserver l'ancien diamètre sur les 25 ou 30 derniers pieds, pour maintenir la verticalité des tiges.

gisement à $7 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,19$) atteignit, le 24 avril, à 550 pi., 3 po.

Dans cet intervalle de temps, on avait préparé des tiges en bois, qui devaient permettre de reprendre le travail par percussion. A cet effet on travailla, jusqu'au 28 avril, à nettoyer le trou de sonde, et à réparer les tiges en fer.

Le 28 avril, on fit l'emploi du ciseau de $4 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,11$), adapté à une ligne de 15 tiges en fer et de 20 tiges en bois; mais des avaries survenues aux roues dentées du mécanisme à percussion occasionnèrent des interruptions dans le travail, et le trou n'avait pas, au 6 mai, dépassé. . . 585 pi., 10 po.

Du 6 mai au 11 juin, la rupture de l'outil a fait arrêter le forage (Voir § III).

Du 11 au 27 juin, le trou de sonde a été poussé à 587 pi., $6 \frac{1}{2}$ po.

Le 27 juin, le cylindre-cureur s'est engagé, à la profondeur de 452 pi. (138^m), dans un éboulement du trou, et le 13 juillet, il s'est rompu sous l'effort qu'on a fait pour l'extraire (Voir § III). Pour remédier à ce nouvel accident, on prit le parti de tuber la partie de la paroi éboulée avec des tuyaux de 8 po. ($0^m,20$). On commença donc, le 4 juillet, à élargir le trou de sonde au diamètre de $9 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,23$), qui ne régnait encore que jusqu'à la profondeur de 233 pi., 10 po. ($71^m,27$); cet élargissement était arrivé le 14 août, à 453 pi. ($138^m,07$). Mais le manche du ciseau se cassa; on reconnut

que le trou de sonde s'était à cette profondeur entièrement fermé, et il fallut en revenir aux ciseaux de $4\frac{1}{2}$ et $7\frac{1}{2}$ po. ($0^m,11$ et $0^m,19$). Une fois le passage ouvert, on reprit l'élargissement à $9\frac{1}{2}$ po. ($0^m,23$), lequel, après de grandes difficultés et de fréquentes ruptures d'instruments, atteignit au 16 décembre la profondeur de 520 pi. ($158^m,49$).

Dans cet intervalle de temps (du 1. au 8 décembre), on porta le diamètre du trou à $11\frac{1}{2}$ po. ($0^m,29$) sur une profondeur de 108 pi. ($32^m,92$); cet élargissement devait permettre de remplacer le tubage supérieur, par des tuyaux de 10 po. ($0^m,25$).

Lors de la clôture de la campagne de 1838, le trou de sonde avait

Un diamètre de $11\frac{1}{2}$ po. ($0^m,29$) jusqu'à 108 pi., 0 po.

Un diamètre de $9\frac{1}{2}$ po. ($0^m,23$) jusqu'à 520 pi., 0 po.

Un diamètre de $7\frac{1}{2}$ po. ($0^m,19$) jusqu'à 545 pi., 3 po.

Un diamètre de $4\frac{1}{2}$ po. ($0^m,11$) jusqu'à 587 pi., 6 po.

1839.

En 1839, l'on résolut, préalablement à la continuation du forage, de poser les tubes à la corde, suivant le procédé chinois; les préparatifs de cette opération et les expériences faites sur les nappes d'eau interceptées par le tubage, ont duré jusqu'à la fin du mois de mars.

Il fallait, avant de descendre les tuyaux, vérifier le diamètre du trou de sonde sur toute sa profon-

deur. Le ciseau, de 9 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,23) qu'on y descendit le 4 avril, s'arrêta à deux endroits : à 396 pi. (121^m), et à 451 pi., 6 po. (137^m,62). A en juger par les saccades qu'éprouvait l'instrument dans son mouvement de rotation, l'obstacle paraissait tenir à la saillie d'assises fissurées de grès dur.

Cet état de choses réparé, on descendit, le 11 avril, les tuyaux, mais ils s'arrêtèrent à 422 pi., 10 po. (128^m,88). On essaya, pour leur frayer passage, de descendre dans le trou un ciseau de 8 po. (0^m,20), mais on n'obtint aucun succès ; l'on dut retirer les tuyaux et nettoyer le trou de sonde. Le travail dura jusqu'au 2 mai ; les tuyaux furent replacés, et le 6 mai, ils étaient arrivés à la profondeur de 490 pi., 10 po. (149^m,61). Il s'en fallait donc de 29 pi., 2 po. (8^m,89), qu'ils eussent atteint la profondeur de 520 pieds à laquelle le tubage devait descendre.

Le trou de sonde fut ensuite purgé de la boue et des fragments d'outils et de vis qui s'y étaient amassés, et son diamètre porté à 7 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,19), jusqu'à la profondeur de 555 pi., 6 po. (169^m,32).

Le 15 juin, on essaya de descendre l'instrument à la corde, mais les tuyaux s'étaient étranglés à la profondeur de 452 pi. (138^m) ; il fallut les retirer une nouvelle fois et égaliser la partie étranglée du trou de sonde. L'accident était réparé le 1^{er} juillet, et les tuyaux replacés à la même profondeur que le 6 mai.

Le 2 juillet, on reprit le forage à la corde. L'Annuaire de 1840 contient (pages 261-265) la description et le dessin de l'appareil et des outils employés dans ce travail.

L'appareil fonctionna sans obstacle du 2 au 9 juillet, et le trou fut enfoncé, à $7 \frac{1}{2}$ po. (0^m, 19) de diamètre, de 2 pi., 6 po. (0^m, 76). Le 9 juillet, la corde se cassa; cet accident força de retirer les tuyaux en même temps que la corde et l'outil. Le tubage fut rétabli le 19 juillet; mais il s'était, à la suite de l'extraction de l'outil et des tubes, accumulé au fond du trou une grande quantité de limon si compacte, que le cylindre-cureur descendu à la corde ne put y pénétrer, et qu'il fallut employer la tarière attachée aux tiges en fer. Les fréquentes ruptures des instruments et les dégradations du trou n'ont pas permis d'employer, à la fin de la campagne, l'appareil à corde; on continua donc le forage par le premier procédé, c'est-à-dire avec des tiges en fer. Le forage fut ainsi conduit, au diamètre de $7 \frac{1}{2}$ po. (0^m, 19), jusqu'à la profondeur de 575 pi., $7 \frac{1}{2}$ po. (175^m, 45).

1840.

Le forage arrêté au mois de novembre 1839, a été repris le 22 avril 1840.

Le ciseau qui était tombé, le 6 octobre 1839, au fond du trou, y avait laissé un éclat de son tranchant. Il fallait, avant de reprendre le forage à la corde, extraire cet éclat; aussi continua-t-on, jus-

qu'au 26 juin, de forer au diamètre de $7 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,19$), avec les tiges en fer. Arrivé à 587 pi. (179^m), on put faire l'extraction, et le 10 juillet, on avait réinstallé l'appareil à corde. Mais quoique ce dernier fonctionnât facilement, on ne forait en 13 jours que 2 po. ($0^m,05$) de profondeur, et pourtant la sonde avait battu plus de 17.000 coups; l'instrument pesait 10 pouds ($163^k,72$), et la hauteur de chute était de 5 pi. ($1^m,52$).

Ce mauvais succès tenait probablement d'une part, à ce que la corde, à une si grande profondeur, s'étendait lors du soulèvement, se raccourcissait lors de la chute, et était ainsi au coup une partie de sa force; d'autre part, à ce que la vitesse de chute de l'instrument était amortie par l'eau qui remplissait le trou de sonde, et dans laquelle la corde plongeait de 515 pi. (175^m). Il en faut conclure qu'avec un terrain aussi dur, et à une profondeur aussi considérable, l'emploi des tiges en fer est le procédé qui offre le plus d'avantage.

Le travail est actuellement suspendu pour quelque temps, par ordre de l'administration. Dans l'état où il a été laissé, le forage présente :

Un diamètre de $11 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,29$), depuis la chambre au fond de laquelle il est percé, jusqu'à 108 pi. (33^m).

Un diamètre de $9 \frac{1}{4}$ po. ($0^m,23$), depuis 108 pi. jusqu'à 520 pi. (158^m).

Un diamètre de $7 \frac{1}{2}$ po. ($0^m,19$), depuis 520 pi. jusqu'à 587 pi., 2 po. ($178^m,93$).

Un diamètre de $4 \frac{1}{2}$ po. ($0^m, 11$), depuis 587 pi., 2 po. jusqu'à 587 pi., $6 \frac{1}{2}$ po. ($179^m, 08$).

Sur cette profondeur, 490 pi., 10 po. ($149^m, 62$) sont tubés, et 96 pi., $8 \frac{1}{2}$ po. ($29^m, 47$) à vive paroi.

§ II. *Roches traversées dans le forage.*

	Pieds	Pouces
Argile arénacée marneuse, colorée par l'oxyde de fer, depuis la surface du sol jusqu'à la profondeur de.	16	
Grès quartzeux argileux, coloré par l'oxyde de fer, jusqu'à.	41	10
Grès quartzeux, gris, très-dur, étincelant au briquet, jusqu'à.	47	10
Grès quartzeux argileux, coloré par l'oxyde de fer, jusqu'à.	159	5
Grès quartzeux argileux, très-fin, avec strates subordonnées de grès dur, jusqu'à	282	
Grès marneux, en couches minces, jusqu'à.	285	
Grès quartzeux, argileux, avec couches subordonnées de grès gris très-dur, jusqu'à	332	
Grès quartzeux argileux, avec minces couches subordonnées de grès marneux, jusqu'à.	414	
Grès quartzeux argileux, coloré par l'oxyde de fer, avec couches subordonnées de grès gris, très-dur, jusqu'à. . . .	505	

	Pieds	Pouces
Grès marneux, jusqu'à.	506	8
Grès quartzeux, argileux, très-dur, coloré par l'oxyde de fer, jusqu'à.	527	
Grès argileux, passant à l'argile arénacée endurcie, couleur de brique, avec couches subordonnées de 3 po. (0 ^m ,07) à 1 pi., 6 po. (0 ^m ,46) d'argile arénacée de couleur vert sale, jusqu'à.	560	6
Grès marneux.	561	10
Grès argileux, coloré par l'oxyde de fer, jusqu'à.	583	4
Grès quartzeux pur, gris, jusqu'à.	585	7
A cette profondeur, le trou de sonde avait atteint une couche très-dure, qu'il est impossible de définir d'après les traces insignifiantes qu'elle a laissées sur le tranchant du ciseau.		

§ III. *Ruptures, éboulements et autres accidents du forage.*

Notre intention n'est point de mentionner ici ces cas ordinaires et multipliés de rupture qui demandent peu de temps à réparer et ne ralentissent point sensiblement le travail. Les détails ci-dessous ne concernent que les accidents qui ont présenté le plus d'intérêt et exercé le plus d'influence sur la marche du forage.

1836.

1° Le 1^{er} juillet, époque à laquelle on avait atteint, en forant par percussion sur $4 \frac{1}{2}$ po. (0^m, 11) de diamètre, la profondeur de 37 pi., 2 po. (11^m, 33), on remarqua en perçant les 3 derniers pieds, que la sonde qu'on tournait à chaque coup de $\frac{1}{2}$ de tour, enfonçait davantage dans une certaine position et exigeait un surcroît d'efforts au commencement du soulèvement. En cherchant les causes de cette circonstance, insignifiante au premier coup d'œil, on ne tarda pas à s'apercevoir que le trou commençait au 33^{me} pi. (10^m, 06), à dévier dans la direction de l'E. S. E.

Quoique cet écartement fût très-peu sensible, comme le succès du travail entier dépend de l'exactitude des commencements du forage et que la moindre déviation initiale s'accroît considérablement à mesure qu'on avance, empêche le tubage et force même bientôt d'arrêter le travail, il fallut de suite corriger avec toute la précision possible cette irrégularité. A cet effet, on résolut de donner au trou de sonde une largeur de $7 \frac{1}{2}$ po. (0^m, 19), et pour ne pas retomber dans la même faute on s'occupa de rechercher et d'éviter la cause qui avait fait dévier l'instrument. Cette cause parut tenir à ce que le ciseau français dont on se servait pour percer les roches dures, étant plus large à son tranchant qu'à sa partie supérieure, pouvait faci-

lement s'incliner dans le trou de sonde à la rencontre de quelque obstacle. Pour remédier à ce défaut, on souda au trépan français *abcd* (fig. 11, Pl. III), quatre barres longitudinales *ef*, *ef*, touchant la paroi du trou sur toute la longueur de leur arête, et maintenant parfaitement la verticalité de l'outil.

L'appareil ainsi modifié fut mis en jeu le 8 juillet, et redescendit, le 15 du même mois, à la première profondeur, c'est-à-dire à 37 pi., 2 po. (11^m,33). L'élargissement du trou justifia par sa précision et sa netteté tout l'espoir que l'on fondait sur le nouvel instrument: un fil à plomb partant du centre de l'orifice, tomba exactement au centre du fond, et les parois du trou, éclairées par une chandelle qu'on y descendit, se montrèrent aussi unies que celles du cylindre le plus soigneusement tourné. On modifia en conséquence tous les autres ciseaux d'après le nouveau modèle.

2° Le 19 septembre, le trou de sonde ayant atteint 275 pi., 4 po. (84^m), on remontait le cylindre de 4 po. (0^m,10) qu'on avait descendu pour curer le trou, et cet instrument se trouvait déjà à 41 pi. (12^m,5) du fond, lorsqu'un accident survint à l'arbre du manège. Le tambour sur lequel la corde était enroulée cessa d'être retenu, et le cylindre tomba brusquement avec tout son poids de la hauteur des 41 pi. (12^m,5). Lorsqu'on examina la position de l'instrument, on s'aperçut que son extrémité supérieure était à

3 pi., 8 po. (1^m, 12) en contre-bas du point où elle aurait dû être placée, eu égard à la profondeur du forage et à la longueur de sonde engagée dans le trou. Saisir la vis de la ligne de tiges, et y fixer celles qu'on en avait déjà retirées fut l'affaire de quelques minutes; mais on eut beau aider au manège avec un cabestan renforcé de deux poulies; la sonde se refusa à sortir, et la garniture en fer de la moufle finit par se briser.

Le 20, on augmenta par des moufles l'action du manège, dans le rapport de 1 à 16, et celle du cabestan dans le rapport de 1 à 4; cette nouvelle tentative n'eut pas plus de succès : le crochet de la chèvre et la garniture d'une des moufles se rompirent.

On recommença le 21; les mêmes accidents se reproduisirent : il fallut modifier le crochet, et lui donner plus de solidité.

Le 24 au matin, on remplaça les moufles et on attachait en outre la tête de la sonde à l'extrémité d'un balancier fait de deux solives de 3 sag. (6^m, 39) chacune, et mis en mouvement par 8 hommes. Grâce à ce grand développement de force, on parvint enfin à dégager la sonde, et à l'extraire en totalité. On reconnut alors que la fourchette qui forme la partie supérieure du cylindre-cureur, et qui y est réunie au moyen d'une goupille, avait brisé cette goupille lors de la chute de l'instrument, était entrée dans le cylindre jusqu'aux sou-

papes, avait déchiré l'enveloppe de ce dernier, et s'était, en se courbant, appuyée contre les parois du trou de sonde. Cette circonstance expliqua le raccourcissement observé dans la ligne de sonde, et la résistance qu'on avait trouvée à son extraction. Quant aux tiges, elles avaient soutenu sans dommage la violence de la chute et l'énorme traction développée pour réparer l'accident.

3° Le 31 octobre, le trou de sonde ayant atteint la profondeur de 305 pi., 7 po. (93^m, 14), la vis qui réunissait la tige inférieure avec la précédente, se cassa. Dans le travail par percussion, les accidents de ce genre avaient été assez fréquents; mais ils avaient toujours eu lieu dans le forage à 7 $\frac{1}{2}$ ou à 9 $\frac{1}{2}$ pouces (0^m, 19 à 0^m, 23) de diamètre, et n'avaient en conséquence présenté aucune difficulté sérieuse. Cette fois, la tige cassée était engagée dans une partie de 4 $\frac{1}{2}$ po. (0^m, 11) de diamètre, et le collet de la vis ayant 3 $\frac{1}{2}$ po. (0^m, 08) d'épaisseur, il restait moins de $\frac{1}{4}$ po. (0^m, 02) entre le bout de la partie brisée et les parois du trou, pour le passage de l'arrache-sonde. Il fallait donc inventer pour cette circonstance un nouvel outil. La fig. 10, Pl. III, en donne le dessin; il se compose d'un anneau *ab*, ayant 4 $\frac{1}{2}$ po. (0^m, 10) de diamètre extérieur, et portant sur la circonférence de sa base supérieure 4 ressorts convergents *cd*, *cd*, de 9 po. (0^m, 23) de long; l'anneau est fixé à deux barres verticales *ef*, *ef*, lesquelles sont soudées à une vis de même

calibre que celles des tiges. Le collet de la vis cassée ayant passé par l'anneau a écarté les ressorts, qui, se rapprochant ensuite sous la retraite *xx*, ont saisi la tige avec une telle force, que même après l'extraction, qui n'a pas duré plus d'une heure, on éprouva de la difficulté à leur faire lâcher prise. L'appareil que nous venons de décrire a depuis servi plusieurs fois, et toujours avec succès. Nous croyons donc pouvoir le recommander à l'attention des personnes qui s'occupent de forages.

1837.

4° Le 23 mars, après une extraction très-difficile du ciseau de 4 $\frac{1}{2}$ po. (0^m, 11), à la profondeur de 434 pi., 7 po. (132^m, 46), difficulté qu'on attribua à l'engorgement du trou de sonde, on descendit le cylindre-cureur de 4 po. (0^m, 10). L'appareil atteignit sans obstacle le fond du trou ; mais dès qu'on commença à l'enlever, il se trouva si fortement serré, qu'il fallut recourir aux moufles et au balancier employé le 24 septembre 1836. La 8^e tige (à partir du haut) se cassa, tandis que l'appareil n'était encore qu'à 32 pi. (9^m, 75) du fond. Au premier moment, l'accident parut irréparable. On ne pouvait point songer à employer, pour saisir le tronçon de tige, le crochet usité dans le cas de fracture ordinaire ; il n'eût pas supporté la dixième partie des efforts qu'il fallait développer en cette circonstance. On prit le

parti de dévisser une à une toutes les tiges restées dans le trou de sonde. Mais comme leur extrémité supérieure se trouvait à une profondeur de 165 pi. (50^m,29), il fallut préalablement rendre fixes, au moyen de boulons transversaux, tous les assemblages des tiges qu'on allait descendre; ces boulons furent prêts le 29. Au bout de deux jours de travail, on avait dévissé et enlevé toutes les tiges engagées dans le trou de sonde, à l'exception de la dernière, qu'il fut impossible de dévisser. On se décida en conséquence à descendre sur toute la profondeur du trou une ligne des plus grosses tiges, et à pousser l'outil récalcitrant à grands coups de marteau; dans le cas où ce moyen fût resté sans succès, on eût brisé la goupille qui réunit le haut du cylindre à la fourchette, élargi le trou de sonde jusqu'au point où l'outil était engagé, donné du jeu avec un appareil spécial, tout autour du cylindre, et soulevé ce dernier par les moyens ordinaires.

Le 31, on donna plus de 350 coups, avec un marteau de 60 livres (24^m,56), ce qui fit baisser l'appareil de 6 po. (0^m,15); puis on le laissa pendant la nuit agir par son propre poids.

Lelendemain, les choses étant dans le même état, l'on donna 80 nouveaux coups : cette fois l'appareil baissa de plus en plus, et lorsqu'il eut descendu de lui-même de 12 pi. (3^m,66), on commença à l'extraire en lui imprimant une rotation générale qu'on n'interrompait que pour le frapper, au moins

dre arrêt dans l'extraction ou la rotation. Ce procédé réussit, et le jour même, le trou de sonde était libre. L'aspect de la roche compacte qui remplissait le cylindre et empâtait même toute la tige inférieure, fit voir que l'accident avait eu pour cause, non pas l'engorgement du trou de sonde, mais le gonflement des roches sèches argilo-arénacées sous l'action des eaux du forage.

1838.

5° Le 6 mai, pendant qu'on travaillait par percussion avec une ligne formée de 15 tiges en fer et de 10 tiges en bois, la ferrure supérieure de la 8^e tige en bois se brisa, et il resta dans le trou 3 tiges en bois et les 15 tiges en fer. On disposa pour les extraire, un outil tout à fait pareil à celui dont nous avons donné la description page 178, à cette différence près que l'anneau reçut, eu égard à la dimension des tiges en bois, un diamètre de 7 po. (0^m,18), et que les ressorts furent aiguisés du bout. On fit jouer cet instrument le 7 mai, et l'on avait déjà élevé le bout de sonde à 168 pi. (51^m,2) du fond, lorsque la 9^e tige en bois se fendit, et laissa échapper tout le tronçon formé de la dernière tige en bois et des 15 tiges en fer; ce tronçon avait une longueur de 375 pi., 7 po. (114^m,48), et retomba d'une hauteur de 168 pi. (51^m,2) sur le fond du trou. Lorsqu'on examina la position de l'instrument, on reconnut

que son extrémité supérieure se trouvait à la profondeur de 393 pi. (119^m,79), c'est-à-dire de 182 pi., 9 po. (55^m,7) au-dessous de la profondeur à laquelle on aurait dû le rencontrer eu égard à la longueur du tronçon. Il était donc évident que le dernier s'était brisé en plusieurs points, et que des parties s'en étaient ramassées dans le fond du trou de sonde.

Du 8 au 10 mai, on forgea de nouvelles tiges pour atteindre à la profondeur de 393 pi. (119^m,79); et le 10, on procéda, mais sans succès, à l'extraction des tiges rompues.

Le 11, l'anneau à ressorts ramena la tige en bois, mais sans sa garniture inférieure.

Du 12 au 14, on fit de vaines tentatives avec un crochet droit et avec les anneaux à ressorts : on cassa trois de ces derniers.

Le 15, on redescendit un crochet droit, qui, cette fois, saisit si heureusement la cheville de la garniture en fer abandonnée par la tige en bois, qu'il enleva à sa suite 141 pi. (42^m,88) de tiges; la fracture de l'extrémité inférieure de ces tiges, s'était faite à la vis de la 6^e tige. On redescendit le crochet droit, et on retira une partie de tige longue de 8 pi., 6 po. (2^m,59). Le dernier bout de sonde qui restait encore dans le trou, se composait de 8 tiges en fer de 23 pi. (7^m,01), d'un fragment de tige de 14 pi., 6 po. (4^m,42), et du ciseau long de 5 pi., 3 po. (1^m,91), ce qui faisait un total de 203 pi., 9 po.

(62^m, 10), sans compter les trois ressorts de 1 pi., 4 po. (0^m, 41) de long, provenant de l'appareil qui avait servi à extraire les tiges en bois.

Le 16, on descendit, pour connaître la profondeur à laquelle se trouvait le bout supérieur du tronçon perdu, un cylindre dont le fond était fermé par une plaque de bois; cet instrument s'arrêta à 458 pi. (139^m, 6). On trouva l'empreinte d'un fragment pointu sur la plaque et quelques détériorations au bord inférieur du cylindre. Le crochet droit qu'on introduisit, ce même jour et les deux suivants, dans le trou de sonde, jusqu'à la profondeur de 463 pi. (141^m, 12), saisissait la tige, mais le laissait échapper dès qu'on commençait à l'élever; il refusait d'ailleurs de descendre plus bas.

Le 19, le crochet droit pénétra, dès sa deuxième descente, à 18 pi. (5^m, 48), plus bas qu'auparavant. La tige fut saisie et élevée de 15 pieds (4^m, 57), sans grande résistance; mais on s'apercevait aux saccades de l'appareil, que le crochet glissait sur la tige. A la suite de ces 15 pi., il se serra contre la tige avec tant de force, qu'il fallut renforcer l'action du manège et du cabestan avec des moufles. Le tronçon fut encore ainsi élevé de 2 pi. (0^m, 61); mais alors la corde du manège se cassa : le tronçon ne retomba toutefois point, et on dut en conclure que le bout supérieur de la tige était arc-bouté contre les parois du trou de sonde.

Le 20, l'instrument baissa un peu à force de coups de marteau.

Le 21, on essaya de retirer le troncçon perdu, avec un nouveau crochet plus solide que le précédent et épais de 5 pp. (0^m, 13), mais on ne réussit pas dans cette tentative.

Il en fut de même les deux jours suivants; le crochet, qu'on n'avait pas pu faire parvenir au dessous du premier assemblage, glissait toujours sur la tige.

Le 24, le crochet descendit enfin à la profondeur à laquelle la tige avait été saisie le 19; celle-ci fut prise, et l'extraction commença à 8 heures du soir, au moyen du cabestan et du manège renforcés de moufles.

Le 25, à 5 heures de la nuit, après un travail de 9 heures non interrompu, on réussit enfin à sortir tout ensemble les 8 $\frac{1}{2}$ tiges et le oiseau. Le crochet avait cette fois saisi le troncçon perdu sous le premier assemblage, au-dessus duquel se trouvait encore un fragment de tige de 6 pi., 3 po. (1^m, 91), qui, poussé de côté par la pression du crochet, s'était, comme on l'avait conjecturé, arc-bouté contre les parois du trou.

Il restait encore à retirer les trois ressorts de l'appareil avec lequel on avait extrait les tiges en bois. Après avoir inutilement employé la tarière, le crochet droit à dents décorpées, l'arrache-sonde en tire-bouchon et le ciseau du trépan, il fallut, le 31

mai, fabriquer un nouvel outil. Ce dernier, représenté fig. 12, Pl. III, se composait d'une tige effilée avec quatre ressorts, *ab*, *ab*, *ab*, placés debout, soudés à la tige, et ébréchés comme cette dernière sur leurs bords intérieurs. Après un travail de deux jours, on retira un des ressorts, plié en demi-cercle et fort maltraité par les instruments précédemment employés.

Pendant les 3, 4, 5 et 6 juin, on fit de vaines tentatives pour extraire les deux autres, soit avec cet appareil, soit avec la caracolle, soit avec la tarière, soit avec l'anneau à ressorts; le seul résultat qu'on obtint fut de les pousser dans le trou de 4 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,11) de diamètre, dont on put ensuite les retirer un à un, au moyen de l'anneau à ressorts, l'un le 7 et l'autre le 9 juin.

6° Le 16 juin, la vis de la dix-septième tige se cassa à la profondeur de 374 pi. (114^m). Un crochet descendu à quelques pieds au-dessous de cette profondeur, non-seulement ne saisit point les tiges, mais ne les toucha même pas. Le cylindre de 7 po. (0^m,18), à fond de bois, n'atteignit le bout supérieur des tiges qu'à 109 pi. (33^m,22) au-dessous du point où il aurait dû le rencontrer. On descendit de suite un crochet jusqu'à la profondeur de 486 pi. (148^m); les tiges furent prises et retirées avec quelque effort: le crochet les avait saisies sous le quatrième assemblage. Il en résulte que la partie du tron de sonde comprise entre la profondeur de 370 pi. et celle

de 490 pi. (113^m et 149^m), s'était, par suite du mouvement et du frottement des tiges, élargie de 3 po. (0^m,07) au moins; car le cylindre de 7 po. (0^m,18) de diamètre a passé sans difficulté auprès de cinq assemblages, dont l'épaisseur est de 3 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,08), tandis que le trou de sonde n'avait été élargi dans cette étendue qu'à 7 $\frac{1}{2}$ pouces (0^m,19) le diamètre.

7° Le 27 juin, pendant le curage du trou de sonde, le cylindre-surcœur de 4 po. (0^m,10) fut, lors de sa sortie, serré à la profondeur de 452 pi. (138^m) avec tant de force, qu'on ne put le retirer en 36 heures de travail non interrompu et de la manière usitée en pareille circonstance.

Dans la nuit du jour suivant, la vis de la neuvième tige se rompit. Du 29 juin au 4 juillet, on enleva au crochet la tige cassée; puis après avoir revissé à l'extrémité du cylindre les neuf tiges qu'on venait d'extraire successivement, on essaya encore de soulever le cylindre en le tournant alternativement dans tous les sens; mais cette tentative n'eut point de succès. On fit plusieurs fois redescendre le cylindre jusqu'à la profondeur de 520 pi. (159^m), et on essaya de le relever dans différentes directions; tous ces efforts furent encore inutiles. On employa enfin un moyen extrême, et le manège et le cabestan furent renforcés de 8 moufles: le cylindre se détacha alors des tiges, on retira ces dernières, et les fragments de l'outil furent repoussés au fond du trou par un cylindre de 7 po. (0^m,18), qui traversa sans

obstacle, en descendant et en remontant, l'endroit où le cylindre de 4 po. (0^m,10) s'était engagé. On ne put tirer de cette étrange circonstance qu'une conclusion, savoir : qu'à la profondeur de 452 pi. (138^m), la paroi du trou présente un fragment de grès dur, isolé sur toutes ses faces du reste de son assise, lequel rentre à sa place au passage d'un instrument de diamètre égal à celui du trou de sonde et au contraire forme saillie dans ce dernier, quand on remonte un instrument de diamètre plus mince. On avait déjà remarqué plusieurs fois cet obstacle, avant le dernier accident, mais il ne fut jamais aussi énergique. Pour l'empêcher de se reproduire, on tuba le trou de sonde avec des tuyaux en fer, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire ailleurs.

8° Le 22 juillet, à la profondeur de 373 pi. (113^m,7), une des 4 barres directrices du ciseau de 9 $\frac{1}{4}$ po. (0^m,23) se brisa et resta dans le trou. Les moyens qu'on employa pour l'extraire restèrent tous sans succès ; on se résigna à la chasser au fond du trou de 7 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,19), dans l'intention de l'extraire en même temps que les fragments du cylindre (accident n° 7), quand on aurait fini d'élargir le trou de sonde au diamètre de 9 $\frac{1}{4}$ po. (0^m,23).

9° Le 15 août, après avoir élargi le trou à 9 $\frac{1}{4}$ po. (0^m,23) jusqu'à la profondeur de 458 pi. (139^m,6), on perdit encore une des barres directrices du même ciseau. On descendit pour la retirer l'anneau à res-

sorts (fig. 10, Pl. III); mais il s'arrêta à 452 pi. (138^m), et fut retiré vide et endommagé sur plusieurs points de son tranchant. L'objet qui avait produit le dommage, ne put être défini à l'examen des marques faites sur l'instrument; mais on supposa qu'il fallait l'attribuer à la barre cassée dont le bout s'était appuyé contre la paroi du trou. On redescendit en conséquence le même anneau, en y adaptant un appendice recourbé, qui devait amener le fragment cherché dans l'intérieur de l'instrument. Ce moyen n'eut pas le succès qu'on en attendait; il s'en fallut, pour que l'anneau atteignît la même profondeur qu'auparavant, de toute la longueur de l'appendice, et ce dernier remonta entièrement faussé.

Du 16 au 20, on essaya en vain de tous les moyens pour pénétrer plus bas que la partie du trou élargi, au diamètre de $9\frac{1}{4}$ po. (0^m, 23). Les crochets, la tige à ressorts (fig. 12, Pl. III), la caracolle et les ciseaux de toutes dimensions, même celui de 4 po. (0^m, 10) s'arrêtèrent à 452 pi. (138^m); on voyait aux traces du frottement subi par les extrémités des instruments, que l'obstacle était formé par le grès dur et non par le fer des outils cassés au fond du trou.

Il fallut élargir de nouveau le trou de sonde, et l'on s'aperçut alors, que le cylindre-cureur de 4 po. (0^m, 10) et les barres directrices du ciseau de $9\frac{1}{4}$ po. (0^m, 23) qu'on croyait avoir chassés au fond du trou de 7 $\frac{1}{2}$ po. (0^m, 19), n'avaient atteint que la profondeur de 452 pi. (138^m); car, à partir de cet

endroit, on retira en différentes reprises jusqu'au 5 novembre 44 petits morceaux de fer, de 1 à 10 po. carrés, une partie du cylindre perdu longue de 1 pi., 6 po. (0^m,45), et plusieurs livres de raclures de fer.

Le 26 novembre, après avoir élargi le trou à 9 $\frac{1}{4}$ po. (0^m,23) jusqu'à 5 1 1 pi., 4 po. (156^m), on employa un anneau à ressorts de 7 po. (0,18) pareil à celui de la fig. 10, Pl. III, pour extraire le reste du cylindre et les deux directrices du ciseau; et de peur que les fragments saisis par l'anneau ne s'arc-boutassent à la remonte contre les parois du trou, on entoura cet instrument d'une enveloppe de forte tôle. L'opération réussit complètement et du premier coup; ce résultat est une nouvelle preuve en faveur de l'anneau à ressorts.

1839.

10° Le 9 juillet, lors du forage à la méthode chinoise, la corde se cassa pendant qu'on relevait le ciseau pour nettoyer le trou de sonde. La rupture eut lieu tout près de l'orifice du trou, et lorsque l'instrument était déjà monté de 106 pi. (32^m,31), en sorte que la longueur de sonde engagée dans le trou avait, outil compris, 482 pi. (138^m) de long. Le crochet ne put saisir la corde qu'à 360 pi. (109^m,73); mais quand on vint à l'extraire, le bout au-dessous duquel avait mordu le crochet, se replia et se serra entre les tubes avec tant de force, qu'il

fallut en même temps retirer ces derniers. Cette extraction compliquée et dangereuse, dura cinq fois 24 heures. L'opération, y compris le rétablissement du tubage, fut terminée le 19 juillet.

11° Le 6 septembre, pendant qu'on retirait le ciseau de la profondeur de 575 pi., 7 $\frac{1}{2}$ po. (175^m,45), la corde du manège se rompit, et l'instrument élevé déjà de 14 pi. (4^m,27) se brisa dans sa chute en deux parties. Sa partie supérieure, qui avait 548 pi. (167^m), fut retirée, le 8, au moyen du crochet ordinaire, et la partie inférieure, qui avait avec le ciseau 13 pi., 5 $\frac{1}{2}$ po. (4^m,10), fut extraite par le même procédé, le 10 octobre.

Le ciseau avait perdu dans cet accident une partie de son acier. Ce fragment, ayant apporté une grande gêne dans le travail de 1840, a enfin été retiré, le 28 juin, au moyen de la caracolle.

§ IV. *Nappes d'eaux rencontrées dans le forage.*

Les premières eaux qu'on rencontra dans le forage, se montrèrent à la profondeur de 72 pi., 2 po. (22^m). La corrélation qui existe entre leur niveau et la croissance ou la décroissance des eaux de l'Oural, a démontré d'une manière évidente, qu'elles sont en communication avec cette rivière.

On atteignit ensuite, à la profondeur de 530 à 560 pi., 7 po. (de 161^m à 171^m), quelques minces couches d'argile arénacée vert sale, très-aquifère :

mais la source qu'elles retenaient avait si peu de force, qu'elle n'amena aucun changement dans le niveau des eaux du trou de sonde.

L'affluence des premières eaux a été mesurée, en mars 1839, au moyen d'une pompe à main descendue dans le trou de sonde, à la profondeur de 80 pi. (24^m,4), c'est-à-dire à 8 pi. (2^m,44) au-dessous du niveau de l'eau. Les premiers jours, la pompe ne donna pas plus de 200 vedros (2458 litres); mais l'affluence devint ensuite un peu plus considérable, et fournissait environ à un débit journalier de 300 vedros (3687 litres), taux qu'il n'a pas été possible de dépasser. Cette nappe ne peut donc être d'aucune utilité, ainsi qu'il en arrive d'ordinaire pour toutes les premières eaux qu'on rencontre dans le forage des puits artésiens.

MÉMOIRE

SUR L'ACIER DAMASSÉ.

PAR LE GÉNÉRAL-MAJOR ANOÇOFF.

(PLANCHE V, FIG. 1 ET 2.)

1. *Notions historiques.*

Nos poètes, anciens et modernes, donnent souvent à leurs héros des armes de damas. L'on voit dans le chant de l'armée d'Igor, qui date du XII^e siècle, les guerriers de Vsevolod battre les Poloviens avec des sabres de damas; et il n'est personne qui n'ait lu la poétique comparaison de Pouchkin entre le damas et l'or.

L'acier damassé est un produit de l'Orient. Il constituait l'une des branches des relations commerciales que nos ancêtres entretenaient avec les Asiatiques; les autres nations de l'Europe n'ont vraisemblablement appris à le connaître qu'après les Russes. L'histoire du fer de Rinmann, métallurgiste suédois, montre assez quelle idée confuse on se faisait en Europe sur le damas, il y a environ soixante ans; mais la vérité est, que ce métal est encore aujourd'hui un produit mystérieux, dont la compo-

tion chimique, et même les caractères physiques ne sont qu'imparfaitement connus.

Les recherches docimastiques n'ont pas réussi à y découvrir une différence essentielle de composition avec l'acier ordinaire, résultat qu'il faut d'ailleurs moins attribuer aux erreurs des analyses qu'à l'imperfection même de la science. Les chimistes modernes ne croient plus, comme Rinnmann et son école, que les dessins du damas s'obtiennent par la fusion d'un mélange de fer et d'aciers de dureté différente; ils admettent que ces dessins sont un jeu de cristallisation dû à un refroidissement lent de l'acier fondu, sans qu'ils puissent toutefois spécifier l'influence de la forme et de la disposition des cristaux sur les caractères du damas. Et pourtant, ils reconnaissent que la cristallisation varie avec la composition des corps! Par quelle exception n'en est-il donc pas de même dans l'acier damassé? Et, puisque l'acier ordinaire ne prend point par le refroidissement lent les dessins qu'on admire sur le damas, pourquoi n'en pas conclure qu'il existe une différence de composition entre ces deux substances, et que si les analyses chimiques n'ont pu mettre en évidence cette différence, il faut s'en prendre aux vices des méthodes docimastiques?

Les tentatives faites par les métallurgistes et les fabricants pour reproduire l'ancien damas n'ont pas eu jusqu'ici de succès décisif; je n'ai point en-

cercle vu de damas fabriqué en Europe qui fût de parfaite qualité, et tout ce qu'on a écrit sur ce sujet ne contient rien de satisfaisant. L'insuffisance des connaissances chimiques, d'une part, et, de l'autre, l'imperfection des procédés de fabrication, laissent actuellement encore les Européens dans l'impossibilité d'apprécier la valeur du damas.

Quelques auteurs s'appuyant sur les résultats de la doximasie ne veulent pas croire à la supériorité du damas. Un de nos premiers métallurgistes, M. Karsten, terminant, dans son traité du fer, le chapitre de l'acier damassé par ces mots : « Le damassé, » quel que soit le prix qu'on y attache, ne prouve » rien en faveur de la qualité de l'acier ; on peut » affirmer au contraire que l'acier le meilleur et le » plus homogène est précisément le moins suscep- » tible de prendre une teinte damassée. » Et cependant, le damas est renommé en Asie depuis un temps immémorial, et s'y maintient constamment, comme les métaux précieux, à un prix fort élevé. Les Asiatiques, quelque arriérés qu'ils soient dans la civilisation, n'ont pourtant pu se tromper pendant des siècles entiers sur la valeur d'une substance dont le prix est tel, qu'une bonne lame se paye volontiers six ducats et davantage. M. Golovine, qui a voyagé dans le Japon, rapporte que les sabres de damas se transmettent chez les Japonais de père en fils comme des objets sacrés. Si donc le damas a constamment gardé toute sa va-

leur jusqu'à nos jours, en Japon, en Chine, dans les Indes, en Perse, en Boukharie, en Turquie et en Géorgie, est-il possible d'admettre l'opinion de M. Karsten ?

Ces considérations m'ont disposé, il y a environ douze ans, à adopter sur le damas les idées que s'en faisaient les anciens, de préférence aux résultats des analyses docimastiques. Je recueillis quelques échantillons, et tâchai de déterminer leurs qualités respectives par divers essais; ces essais ne tardèrent pas à me démontrer, qu'à certaines variétés de dessins correspondent des qualités de damas manifestement plus dures, sans être plus cassantes, que l'acier ordinaire, et par conséquent supérieures à ce dernier. Depuis, je résolus de rechercher par une série systématique d'expériences le secret de la fabrication d'un produit aussi précieux. Si mes essais ont été couronnés de succès, l'honneur m'en appartient moins qu'au gouvernement, qui ayant dirigé mes travaux dans cette voie, m'a aussi donné les moyens d'en atteindre le but; récompensé à la moindre réussite, encouragé au moindre échec, comment mon zèle ne se fût-il point constamment soutenu dans le travail auquel je m'étais voué ?

2. *Notions générales sur l'acier damassé.*

On comprend sous le nom d'acier damassé toute espèce d'acier à surface façonnée. Quelquefois le

polissage met immédiatement à nu le moiré ; mais ce moiré n'apparaît souvent qu'après l'action de quelque acide faible, de certains sucs végétaux , du vinaigre de bière , etc. L'opération qui a pour but de mettre à vif le moiré s'appelle *décapage*.

Les dessins du damas varient à l'infini ; mais on ne saurait appeler damas tout acier à dessins. En effet, on imite quelquefois les dessins du vrai damas sur l'acier ordinaire, à la main et par le décapage ; mais quelque adroitement qu'ils soient reproduits , un œil exercé ne tarde pas à reconnaître leur origine artificielle. Ces imitations constituent le *faux damas*.

Quelquefois les dessins, quoique artificiels, pénètrent dans le cœur même du métal , en sorte qu'ils reparaissent à chaque polissage et décapage : cet acier est connu sous le nom de *damas fondu*. On l'obtient en soumettant à des fontes répétées , des mélanges d'aciers , ou d'acier et de fer. La valeur de ce métal dépend et de la qualité des matières premières , et de l'habileté des ouvriers. Le meilleur damas fondu vient d'Asie et notamment de l'Inde , de Turquie et de Géorgie. Les ouvriers qui s'entendent le mieux à le préparer, sont ceux qui savent faire le vrai damas. Le damas fondu d'Europe ne jouit point d'une grande réputation , car l'attention des fabricants européens se porte plus sur le dessin que sur la qualité du métal. Aussi les aciers fondus de Solingen et de

Klingenthal ont des dessins, mais ne possèdent aucune des propriétés qui font la valeur du damas. Il est d'ailleurs à remarquer que le meilleur acier fondu perd ses dessins par la fusion.

Le vrai damas se distingue du damas fondu, par une disposition de dessin inimitable à l'art, et due à la constitution même du métal. En outre, ses dessins ne disparaissent point par la fusion comme ceux de l'acier fondu; ils ne font que subir dans leur disposition des modifications variables selon la manière dont la fusion est conduite. Autant qu'ont pu m'en apprendre les échantillons et les documents dont j'ai fait collection, il existe différents genres de damas en Asie. On les distingue ou par le lieu de fabrique, ou par le procédé de fabrication, ou bien encore par les propriétés mêmes du métal. Les damas les plus connus sont : le *Taban*, le *Kara-Taban*, le *Khorassan*, le *Kara-Khorassan* (de la province de Khorassan en Perse), le *Gouindui*, le *Koum-Gouindui*, le *Neiriss*, le *Cham* (mot qui, d'après le capitaine anglais Ebot, est le nom populaire de la Syrie). Le *Wootz* de l'Inde est aussi une espèce de damas. Les Asiatiques jugent de la valeur des damas au dessin, à la couleur du fond, et enfin au chatoyement de la surface sous la lumière oblique. A leur sens, l'acier a d'autant plus de valeur que le dessin en est plus grand et plus marqué. Le dessin est considéré comme grand, quand il atteint les di-

menaisons des notes de musique; il est moyen quand il a la grosseur de l'écriture ordinaire; au-dessous de cette grosseur, le dessin est petit : mais encore faut-il qu'on puisse l'apercevoir à l'œil nu. Le fond du damas est gris, brun ou noir; plus il est foncé, plus l'acier a de valeur. Certains damas ne chatoient pas; quelques-uns ont un reflet rougeâtre, d'autres des teintes d'or. Plus le jeu de couleurs est marqué, plus il se rapproche de la couleur d'or, et plus le métal a de valeur. Le son que rend le damas peut aussi servir à en apprécier la qualité: plus il est pur et prolongé, et plus le damas a de prix; mais comme la forme et le fini des objets ont une grande influence sur le caractère, il ne faut point considérer ce dernier comme très-certain. Les damas les plus estimés sont : le *Taban*, le *Kara-Taban* et le *Kara-Khorassan*; le moins bon de tous est le *Cham*, dont les moires affectent de préférence la direction longitudinale. Les armuriers géorgiens assurent, que l'art de préparer le *Taban* est perdu en Asie depuis 600 ans environ, et que les deux autres espèces sont actuellement fort rares (*). A l'appui de leur assertion, on peut citer ce passage d'un mémoire du savant anglais

(*) Les échantillons de vieux damas qui ont été mis à ma disposition appartenaient à la riche collection d'armes de M. le gouverneur militaire d'Orenbourg, l'aide-de-camp-général Basile Pérovski, ami distingué des sciences et des arts, qui a pris

Wilkenson sur le damas (*Journal de la Société royale asiatique*, 1837). « La ville de Damas s'est » rendue célèbre dans le monde entier par ses fa- » briques de lames de sabres; mais Tamer-Lang, » ayant fait la conquête de la Syrie au commen- » cement du XIV^e siècle, emmena en Perse tous » les ouvriers du pays. Depuis, la fabrication des » armes est tombée en décadence à Damas, et l'art » de ses anciens armuriers est aujourd'hui perdu. »

Les caractères indiqués ci-dessus sont, ainsi que j'ai pu m'en convaincre par plusieurs essais comparatifs, des guides beaucoup plus sûrs dans l'appréciation de la qualité du damas, que tous les moyens employés dans ce but par les armuriers d'Europe, moyens approximatifs et qui ne trouvent pour la plupart leur application que pendant le travail même de l'acier. Lorsqu'il s'agit d'acheter un objet tout confectionné, l'Européen n'a d'autre garantie de sa bonté que la marque du fabricant. Un Asiatique exerce

une grande part à mes recherches, et m'a mis à même de recueillir une foule d'utiles notions sur le damas.

J'ai visité depuis, à Saint-Petersbourg, plusieurs collections : les plus riches et les plus remarquables se voient à l'arsenal de Tzarскоѣ-Сѣло, et appartiennent à S. M. l'Empereur; la collection de S. A. I. le grand-duc Césarévitch Alexandre Nicolaévitch, et celles de S. A. le grand-duc Michel Paulovitch se distinguent par le choix et la valeur des objets. Parmi les collections particulières, je citerai celle du prince Pierre Dmitrievitch Saltaïkoff et celle du chef de l'État-major des Mines, Constantin Vladimirovitch Tchevkine.

n'a, au contraire, besoin d'aucun essai pour reconnaître la qualité du damas ; il ne pourrait s'empêcher de sourire en voyant un acheteur inexpérimenté éprouver un sabre, un poignard ou un couteau , en lui faisant trancher du fer ou en le limant avec une lime de serrurier : car la dureté du métal peut être indépendante de sa qualité et ne tenir qu'au degré de la trempe. Si le damas est convenablement découpé, toute épreuve devient superflue, et l'on peut à sa seule inspection reconnaître s'il est malléable ou cassant, dur ou tendre, élastique ou mou.

3. Appareil pour la préparation du damas.

Mes premiers essais ont été faits en petit. Les creusets tenaient de 5 à 10 livres (2^l,05 à 4^l,09) de fer en morceaux ; le fourneau était cylindrique, et avait au plus 10 verch. (0^m,44) de hauteur et 9 verch. (0^m,40) de diamètre. Dans la suite et quand j'eus obtenu quelques résultats satisfaisants, je me servis des fourneaux et des creusets que j'ai employés pour fabriquer en grand l'acier fondu, et dont j'ai donné la description dans l'Annuaire de 1837.

4. Premiers essais.

En 1828, époque à laquelle les résultats des recherches de M. Faraday furent publiés et où, par une heureuse coïncidence, les mines de l'Oural

fournirent une grande quantité de platine, S. Exc. M. le Ministre des finances, le comte Camcrine, invita l'Administration des Mines à répéter les expériences du savant anglais. Je fus chargé de cet intéressant travail.

Le docteur Scott, de Bombay, avait envoyé en Angleterre quelques échantillons de l'acier que les Indiens emploient, sous le nom de *wootz*, à la fabrication des limes, des ciseaux, et en général de tous les objets qui exigent une grande dureté. M. Faraday, en analysant le *wootz*, y trouva de l'aluminium et attribua à la présence de ce corps les dessins ou moires que l'action de l'acide sulfurique étendu développe à la surface du métal. A l'appui de cette hypothèse, il prépara un alliage de fer et d'aluminium, le fondit avec de l'acier fondu anglais, et obtint un métal qu'il trouva pareil au *wootz*, mais dont il n'a toutefois pas fait connaître les propriétés. Il incorpora ensuite dans l'acier, de l'argent, du rhodium, du platine, indépendamment de l'aluminium, et en obtint des produits plus durs que l'acier fondu ordinaire, et tous doués d'excellentes qualités : le platine donna le meilleur alliage.

Je n'avais pas eu jusqu'alors occasion de voir fabriquer et refondre l'acier fondu. On comprendra donc facilement quelles difficultés j'eus à vaincre au commencement de mon travail. Il fallut construire un fourneau, fabriquer des creusets réfractaires

et faire de l'acier fondu ; car si je m'étais borné à prendre de l'acier anglais, je n'eusse évidemment obtenu que des résultats sans intérêt.

Les ouvrages que je pouvais consulter à cette occasion, ne donnaient d'ailleurs que des indications insuffisantes par leur brièveté, ou inapplicables à la localité. Aussi se passa-t-il plus d'un an avant que je fusse à même de présenter à l'administration mes premiers échantillons d'acier fondu platinifère. Voici comment je réussis à l'obtenir (essai n° 10). Je mis dans un creuset, préalablement chauffé, $4\frac{1}{2}$ liv. ($1^k,84$) d'acier corroyé, 1 liv. ($0^k,41$) de fer tendre, 5 zol. ($0^k,021$) de platine, et je recouvris le mélange de $\frac{1}{2}$ liv. ($0^k,20$) de flux composé de 1 d'argile à briques et de 1 de verre pilé. La fonte dura 1 heure 20 minutes ; le vent était uniforme et modéré. Le métal fut coulé dans une lingotière et forgé à une température peu élevée ; il se montra à l'essai fort dur et tout à fait propre à la fabrication des outils fins.

En comparant les qualités de l'acier fondu pur, et celles de l'acier platinifère (essais n° 15 et 19), je trouvai que le premier était plus dur, et se laissait aussi facilement forger que le second ; qu'après avoir été décapé à l'acide sulfurique faible, il se recouvrait de dessins différents, par la couleur et la disposition, de ceux qu'on observe sur l'acier fondu obtenu avec des flux terreux. En portant la proportion de platine jusqu'à 2 zol. ($0^k,008$) par

livre (0^k,41) d'acier (essai n° 15), le moiré devint encore plus prononcé; mais la disposition en était évidemment différente de celle qu'on remarque dans le moiré des damas.

Les résultats de ces essais m'amènèrent à conclure que si le moiré de l'acier platinifère augmente avec la proportion de platine, il faut par analogie attribuer également les dessins de l'acier fondu à la présence de quelque métal, lequel serait, selon l'observation de M. Faraday, l'aluminium contenu dans le flux d'argile et de verre. Pour déterminer l'influence d'autres terres sur l'acier, j'ai modifié le flux et remplacé l'argile par la chaux et par le sable quartzeux (débris de foyers réfractaires); je ne tardai pas à me convaincre, que la disposition et la teinte du moiré changeaient avec la nature des flux. J'ai reconnu (essais n° 20-35) que l'aluminium donne un moiré jaunâtre et peu éclatant, que le silicium et le magnésium en fournissent un plus clair et approchant de la couleur du zinc, et que le calcium lui communique une teinte d'argent.

En comparant avec les alliages dans lesquels je connaissais la proportion de platine, les aciers alliés à d'autres métaux, j'ai pu déterminer approximativement la quantité de ces derniers. Elle peut s'élever, au maximum, jusqu'à 2 $\frac{0}{100}$; à la proportion de 1 $\frac{0}{100}$, l'acier de moyenne dureté est encore facile à forger. Néanmoins, mes essais m'ont convaincu

que les métaux des terres ont une influence nuisible sur l'acier, quelque faible qu'en soit la proportion. De plus, le moiré qu'ils produisent étant très-différent de celui du damas, il fallait chercher à ce dernier une autre origine. Je me décidai, dans ce but, à rechercher le genre d'influence que peuvent exercer sur l'acier les divers métaux associés aux minerais de fer; cette question ne me paraissait point suffisamment approfondie, quant au but que je me proposais, par Rimmann, Hassenfratz, Karsten et autres métallurgistes.

5. *Influence de divers métaux sur l'acier.*

Manganèse (essais n° 36-41). Le manganèse allié à l'acier en petite quantité et jusqu'à $\frac{1}{100}$ n'en modifie point sensiblement les propriétés apparentes. Au delà de $\frac{1}{100}$, il rend l'acier dur, cassant et en général à gros grains; les ciseaux, les limes (une des meilleures formes à donner à l'acier pour l'éprouver), ne tardent pas à s'émietter. L'acier manganésifère, poli et décapé à l'acide, prend un moiré à peine discernable, s'il contient moins de $\frac{1}{100}$ de manganèse, et un moiré fin, s'il en renferme $\frac{1}{100}$. On remarque en outre, quand on passe de la première à la seconde proportion, que le fond du moiré varie du gris au brun. Si la quantité de manganèse augmente encore et atteint $\frac{1}{10}$, l'acier devient comme

schisteux et tellement cassant qu'il suffit de frapper dessus pour le faire fendre dans le sens de la longueur, suivant la direction des couches dont il est formé. Les couches ont à leur face de séparation une couleur qui n'est point celle de l'acier, mais qui rappelle celle du zinc. Cet alliage prend par l'action des acides un moiré fin, mais distinct. Néanmoins, si on compare ce moiré à un moiré de damas de même finesse, on lui trouve une forme et une disposition fort différentes. Ces résultats prouvent que la présence du manganèse a une influence plutôt nuisible qu'utile sur l'acier.

Cette conclusion ne contrarie cependant pas l'opinion admise par les métallurgistes, sur la nécessité d'employer à la fabrication de l'acier des minerais de fer manganésifères, minerais qui depuis longtemps ont même reçu le nom de minerais d'acier. Je pense au contraire que le manganèse joue un rôle utile par sa présence dans les minerais de fer, mais ce n'est évidemment point parce qu'il passe en combinaison dans la fonte ou dans l'acier.

Chrome et titane (essais n° 42-48). J'ai obtenu l'acier chromifère en ajoutant au fondant du fer chromé, et l'acier titanifère en mêlant au fondant du fer titané. Ces métaux ont, sous plusieurs rapports, fourni les mêmes résultats que le manganèse. Ils rendaient également l'acier plus cassant à mesure que j'en augmentais la proportion, et donnaient

lieu, pour la nature du moiré, à des observations du même genre. Le chrome et surtout le titane gâtent pourtant moins l'acier que le manganèse, et à proportion égale, l'acier prend avec le chrome un plus beau poli qu'avec le manganèse. Les dessins donnés par le chrome sont plus beaux que les dessins donnés par le manganèse, et ils rappellent plus que tous les autres la disposition des dessins du damas ; de là vient sans doute qu'un chimiste français, M. Berthier, a cru pouvoir considérer l'acier allié de chrome comme du damas. Le chrome donne au fond une teinte foncée ; le titane le rend violet, ce qui permet de reconnaître facilement la présence de ce métal dans l'acier.

En général, le manganèse, le chrome et le titane nuisent moins à l'acier que le calcium, le silicium, le magnésium et l'aluminium. La présence de $\frac{2}{100}$ de ces derniers métaux enlève à l'acier sa malléabilité. Il n'en est point de même, si l'on remplace l'acier par du fer doux, l'alliage reste encore dans ce cas plus ou moins malléable. M. Berzelius (*) a trouvé jusqu'à $19 \frac{1}{2}$ de silicium dans un fer qui se laissait facilement forger et ne différait en rien par l'aspect du fer ordinaire.

Argent (essais n° 49-50). L'acier allié de $\frac{1}{367}$ à $\frac{1}{6}$ d'argent se distingue de l'acier ordinaire par sa malléabilité et par sa grande dureté. Cet

(*) Berzelius. Lehrbuch übersetzt von Wöhler. T. III, 1834.

acier est dans sa cassure plus blanc que l'acier ordinaire, mais le polissage et le décapage à l'acide n'y déterminent point un moiré uniforme. En vain y augmente-t-on la proportion d'argent, on ne réussit qu'à y faire naître par places de petites raies irrégulières; ce fait semble prouver que l'argent ne s'allie pas volontiers chimiquement avec l'acier.

M. Faraday a observé que l'acier argentifère se rouille moins facilement que l'acier ordinaire; mes observations confirment aussi cette remarque. Cet avantage payerait et au delà le supplément de valeur dû à la présence de l'argent, si cet acier était employé pour certains objets, et notamment pour les pièces d'horlogerie. Les alliages de l'acier avec les autres métaux examinés précédemment, se rouillent au contraire plus facilement que l'acier pur.

Or (essai n° 51). L'alliage d'or et d'acier n'a point manifesté de propriétés particulières, si ce n'est d'être plus tendre que l'acier ordinaire, soit à la forge, soit à la trempe. Il est à remarquer qu'on n'a pu, même en portant à $\frac{1}{100}$ la proportion d'or, faire prendre à l'acier aucun moiré apparent. L'addition de ce métal n'a fait que lui communiquer un reflet jaunâtre. On n'a pas recherché quelle influence l'or aurait eue sur l'acier à plus forte proportion.

Platine (essai n° 52). Quoique l'alliage d'acier et de platine eût déjà été l'objet de plusieurs essais, j'ai

jugé utile d'en faire un nouveau, en modifiant le fondant et en employant une meilleure qualité d'acier. Ce nouvel essai a montré que l'acier platinifère avait un moiré différent de celui qu'on obtenait auparavant sans addition de battitures; il était fin et, quoiqu'il manquât d'une parfaite uniformité, il conservait en général la couleur du platine. Il prenait en outre un très-beau poli, était dur, et fournissait des rasoirs d'un excellent tranchant; mais quelques-uns de ces derniers se gerçaient à la chaleur rouge.

6. Influence de la qualité du fer sur l'acier.

Si l'addition de métaux étrangers exerce une influence sensible sur l'acier, la qualité de ce dernier doit aussi dépendre de la nature même du fer, dans lequel l'analyse démontre toujours l'existence de substances étrangères en quantité plus ou moins considérable. J'ai indiqué dans mon mémoire sur l'acier fondu (*) quelques règles fournies par mes expériences pour le choix du fer (essais nos 53-62); je me bornerai ici à parler des essais au moyen desquels j'ai constaté la possibilité de faire passer le fer à l'état d'acier sans addition de flux, et l'influence que les qualités du fer exercent sur l'acier dans ce mode de préparation.

(*) Annuaire du Journal des Mines de 1837.

Conversion du fer en acier sans addition de flux.

Quand on essaye de fondre du fer avec addition de flux, on remarque que ce dernier, entrant plus vite en fusion que le métal, descend au fond du creuset, et que le fer ainsi mis à nu se carbure par cémentation, entre en fusion à mesure qu'il se sature de carbone, et tombe enfin lui-même au fond du creuset en raison de sa plus grande pesanteur spécifique. Cette observation explique comment on peut obtenir de l'acier sans addition de corps carbonés. Ayant déterminé par expérience le temps pendant lequel les scories restent au-dessous du métal, j'ai pu fixer le moment où il fallait arrêter la cémentation du fer, pour couvrir le creuset (essais n^{os} 63-67), et arriver ainsi au moyen de faire en grand de l'acier fondu avec du fer, sans addition de flux. Ce procédé est décrit avec détails dans mon mémoire de 1837.

Les raisons qui m'ont fait abandonner l'ancien procédé pour celui que je viens de rappeler, sont les suivantes :

1^o On a la faculté d'obtenir par le nouveau procédé plus d'acier tendre que d'acier dur; car il est plus aisé de poser à point le couvercle sur le creuset que de régler convenablement la fonte et le brassage du flux.

2^o Le nouvel acier a sur l'ancien l'avantage d'être plus doux à forger, de fournir des ciseaux

plus résistants, de moins se gercer quand on le chauffe, de recevoir un plus beau poli, etc.

3° Le nouvel acier est généralement moins sujet à prendre le moiré que l'acier préparé avec du flux et des battitures.

*Influence de la qualité du fer sur l'acier obtenu
sans addition de flux.*

Les essais n^{os} 68-73 ont fait voir que le fer aciéreux de Zlatoust et le fer le plus doux donnent des aciers de qualité égale; il en résulte que le carbone du premier est sans influence sur la modification qu'éprouve le fer dans le creuset. L'acier préparé avec le fer tordu de Zlatoust a au contraire des propriétés toutes particulières; il est aussi dur que l'acier fait avec le fer ordinaire, se montre plus malléable, reçoit un meilleur poli, prend par le décapage une teinte plus foncée; mais il a à peu près le même corps et est, sous ce rapport, inférieur à l'acier corroyé refondu. Les premiers faits sont faciles à expliquer, mais la raison des derniers m'a longtemps échappé. J'attribuai d'abord la grande malléabilité, le beau poli et la teinte de l'acier fait avec le fer tordu, à ce qu'il renfermait moins de corps étrangers et notamment moins de soufre, substance dont on observe la présence dans quelques minerais de fer de l'arrondissement de Zlatoust. Le fer tordu, provenant d'une demi-loupe renversée sur le foyer

devant la tuyère, est en effet soumis à une température et à une oxydation plus énergiques que le fer préparé à la méthode ordinaire, et doit se dépouiller plus facilement que ce dernier du carbone et du soufre. Mais si l'existence d'une moindre proportion de soufre dans ce fer peut rendre compte de la teinte observée dans le fond de l'acier qu'on en obtient, il restait encore à expliquer pourquoi cet acier n'a point plus de ténacité et cette explication ne pouvait être fournie que par l' suite des expériences ?

7. *Influence de l'air sur l'acier.*

On voit par mes premiers essais (essai n° 3), qu'avant d'avoir songé à enduire la lingotière de graisse on n'obtenait point d'acier malleable. Il en résulte que l'accès de l'air modifie les qualités de l'acier fondu et le rapproche de la fonte. La décomposition partielle de la graisse sous l'action de la chaleur produit de l'acide carbonique, qui chasse l'air du moule. On ne pouvait toutefois, malgré le succès de cette précaution, affirmer que l'acier est été absolument soustrait dans le moule à l'action atmosphérique ; aussi ai-je entrepris plusieurs essais dans le but de perfectionner l'opération du moulage. Aucun d'eux n'a pu être appliqué sur une grande échelle. Ainsi, j'ai vainement essayé d'employer un ciseau percé à son fond d'un trou qu'on

tenait fermé au moyen d'un bouchon en fer pendant la fusion et qu'on débouchait au moment de la coulée; le fond du creuset se déformait assez souvent et le métal s'en échappait alors de lui-même avant l'instant favorable. Un autre procédé, dont l'essai m'a presque coûté la vie, n'a pas eu plus de succès. J'avais préparé un moule en fer surmonté d'un entonnoir dont la circonférence était un peu plus grande que celle du creuset; le moule et l'entonnoir étaient garnis d'un mélange d'argile et de sable, qui n'était point susceptible de se fendre en séchant; un creux avait été formé dans la brasque de l'entonnoir pour recevoir la masse fondue, lors du moulage. L'appareil séché pendant plusieurs jours dans un endroit chaud ne manifestait aucune crevasse. Quand l'acier fut bon à couler, on retira le creuset du fourneau, on le posa sur des cendres chaudes, on répandit sur ses bords de l'argile tamisée soigneusement séchée, on le recouvrit de l'entonnoir renversé, de manière à ce que l'ouverture du creuset fût exactement coiffée par la dépression ménagée dans la brasque de l'entonnoir; puis, à un signal donné, le creuset et le moule furent simultanément saisis avec des pinces et subitement retournés. Au même moment, une détonation se fit entendre et nous nous trouvâmes, moi et mes ouvriers, dans une pluie d'acier fondu: tout le métal s'était échappé du moule et projeté en gouttelettes. Heureusement que la rigueur du

froid nous avait fait mettre des gants et des vêtements épais ; j'en fus quitte pour une brûlure à la main, dont je porterai toujours la cicatrice. Cet accident fut attribué à l'insuffisance de la dessiccation du moule. Je répétai donc l'expérience avec un moule préalablement chauffé au rouge ; l'acier se moula cette fois convenablement ; mais quand on vint à le forger, il se fendit et se gerça à la surface : j'attribuai ces gerçures au contact de l'acier avec la brasque au milieu de laquelle il avait été coulé. Cette expérience n'en fut pas moins fort remarquable, en ce que l'acier ainsi moulé prit un moiré plus distinct que celui de l'acier moulé par le procédé ordinaire, que ses dessins ressemblaient à ceux du damas, et qu'ils avaient même la forme et la disposition de ceux qu'on observe sur l'acier non moulé et préparé avec addition de flux et de battitures : l'acier qui avait servi à l'essai avait du reste été obtenu avec addition de flux et de battitures.

On doit conclure de ces expériences que la disposition du moiré sur l'acier est plutôt due à l'accès de l'air qu'à la vitesse du refroidissement.

8. *Premiers essais de fabrication de damas.*

Persévérant dans l'espérance d'obtenir un acier pareil au damas d'Asie, je commençai par rechercher l'influence de la cristallisation sur l'acier pré-

paré sans fondant ni battitures (essais n^{os} 74-78); je laissai donc ce dernier se refroidir dans le creuset, au milieu même du fourneau. J'opérai d'abord sur un poud (16^k,37) de fer; la difficulté qu'on éprouva à forger un culot aussi considérable m'obligea à réduire le poids de mes essais. On rencontra les mêmes difficultés pour les culots de 20 liv. (8^k,18), surtout quand l'acier était de moyenne dureté. L'acier le plus tendre a pu seul être forgé en barres. Voici d'ailleurs les résultats des essais :

1° L'acier, lentement refroidi dans le creuset, manifeste quelques dispositions à cristalliser et à se moirer; mais les moires sont si fines qu'on les aperçoit à peine sans microscope. L'acier obtenu à creuset ouvert avec addition de flux et de battitures prend des moires plus distinctes, mais présente les mêmes difficultés à la forge;

2° L'acier, avant de passer à la forge, est plus moiré par le bas que par le haut, c'est-à-dire à la partie qui occupe le fond du creuset qu'à la partie supérieure du culot. Or, comme tout lingot d'acier fondu est de meilleure qualité en dessous qu'en dessus, il en résulte que l'intensité du moiré peut être considérée comme un signe de bonne qualité.

3° Quand l'acier a passé à la forge, le moiré n'y paraît plus que par places et disparaît même quelquefois totalement. Il en résulte que l'inégalité du moiré et sa disparition même tiennent au travail de la forge : nous verrons plus tard que c'est principa-

lement à un excès de température qu'il faut attribuer ce genre d'accident. Il en arrive de même pour les véritables damas, qui, eux aussi, demandent les plus grands ménagements de la part du forgeron. Au contraire, les moires dues à la présence de métaux étrangers ne disparaissent ni par le moulage, ni par le travail de la forge. Le moiré de l'acier lentement refroidi diffère donc de celui des alliages d'acier et de métaux, mais ressemble, sauf les dimensions du dessin, à celui qu'on observe à la surface des damas.

L'ensemble de tous ces faits m'a conduit à penser que le damas n'est pas un acier allié avec quelque métal, mais un simple carbure de fer, comme l'acier ordinaire, et que les grandes dimensions de ses dessins doivent surtout être attribuées au procédé par lequel on opère la combinaison du fer avec le carbone. Malheureusement les notions que nous possédons sur la préparation des damas en Asie, sont tellement incomplètes, qu'il n'est pas possible d'en tirer le moindre enseignement.

Suivant le voyageur suédois Swedenborg, les Japonais préparent leur acier avec du fer qui est resté longtemps sous l'eau; et Tounberg assure que les sabres du Japon coupent facilement des clous sans s'ébrécher.

On lit dans le voyage en Perse de Tavernier :
« L'acier susceptible d'être damassé, vient du
» royaume de Golconde; il se trouve dans le com-

» merce, en pains de la grosseur d'un pain d'un
» sou. On les coupe en deux pour voir s'ils sont
» de bonne qualité, et avec chacune des deux moi-
» tiés, on fait une lame de sabre. » Ce passage
prouve que le damas de Golconde s'obtient en cu-
lots pareils à ceux que j'ai moi-même obtenus
(essai n° 78).

Mohamed-Ali décrit la préparation du damas de Perse, de la manière suivante. On emploie du fer venant des montagnes (mais on ne sait de quelle manière ce fer est préparé); on le fond dans un fourneau qui a 4 pieds (1^m,22) de long et autant de large, et 6 ou 7 pieds (1^m,83—2^m,13) de haut; les parois du four n'ont pas plus de 8 à 9 pouces (0^m,20—0^m,23) d'épaisseur; à 16 pouces (0^m,41) du sol règne une sole en pierres taillées, munie d'une ouverture pour le moulage du métal fondu. On emploie un charbon très-dur et très-pesant, qui n'est pas le charbon de chêne, mais dont Mohamed-Ali n'a pu connaître l'essence; on donne le vent au fourneau avec un soufflet à main; le travail est continu. Le métal, à mesure qu'il s'amasse au fond du fourneau, est coulé dans des moules.

Ces versions différentes prouvent que les procédés employés pour la fabrication du damas varient dans l'Asie même; car évidemment les uns sont des alliages lentement refroidis et les autres ne sont que des variétés d'acier fondu. Au nombre

des premiers figure le wootz , décrit par Wilkinson (*).

9. *Essais de carburation du fer par différents corps carbonés.*

Substances végétales.

Plusieurs métallurgistes, et notamment Rinmann et Réaumur, se sont déjà occupés de rechercher l'action de différents végétaux sur le fer. Mais leurs essais n'ont eu pour objet que la cémentation de ce métal, et ne s'appliquent point en conséquence directement à l'acier fondu.

L'érable, le plus dur de toutes les essences de la contrée, fut l'objet de mes premiers essais; je passai ensuite du plus dur au plus tendre des végétaux, aux fleurs; je devais, en descendant ainsi brusquement d'un extrême à l'autre, obtenir la différence la plus tranchée possible dans le genre d'action qu'exercent les végétaux sur l'acier, suivant leur plus ou moins grande dureté.

J'ai fait varier de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{10}$ la proportion d'érable (essais n^{os} 79-92). Avec $\frac{1}{100}$ de ce bois, l'acier est très-tendre, sans trace de moiré; avec $\frac{1}{10}$, sa dureté augmente, mais le moiré est tantôt faible, tantôt distinct, et rappelle, dans ce dernier cas, celui

(*) Je dois ces curieux détails à M. le chef de l'État-major des Mines.

du damas; avec $\frac{1}{3}$ d'érable, l'acier se forge avec difficulté, et le moiré se montre fort capricieux; avec $\frac{2}{3}$ d'érable, l'acier, quand la fusion et la carburation sont complètes, cesse d'être malléable, et le moiré change de grandeur, pour ainsi dire, à volonté. Il s'est formé quelquefois une certaine quantité de scories, surtout dans les essais qui ont donné l'acier aux moires les plus distinctes. Il faut en conclure que les terres et les alcalis renfermés dans le bois agissent en se scorifiant, et non en se combinant avec le fer, pour faciliter la production d'un moiré analogue à celui des damas proprement dits, et parfois aussi distinct que celui du Khorassan.

Le bouleau a donné (essai n° 98) les mêmes résultats que l'érable. Les fleurs qui, outre le carbone, contiennent de l'azote, ont produit (essai n° 93) un acier à moires plus brillantes que le bois sec. La farine de seigle, la suie, donnent un moiré moins brillant que les fleurs. Le bois de gaïac agit comme la farine.

Cette série d'essais prouve : que *le secret de la production du damas n'est, ni dans la dureté, ni dans la quantité des substances végétales avec lesquelles on le fond, mais qu'il faut plutôt le chercher dans le mode de combinaison du carbone avec le fer et dans la pureté des substances mises en présence de ce métal.* Il en résulte que M. Bréant, en attribuant le moiré du damas à un excès de carbone et à la cristallisation de l'acier,

n'a point trouvé une explication satisfaisante du phénomène. Cette explication est d'autant moins admissible, que le damas peut avoir un beau moiré et être en même temps assez doux pour que la trempe ne le rende pas sensiblement plus dur ni plus cassant que le fer.

Substances animales.

Les essais faits avec les substances animales (essais n° 100-103) ont appris, que si l'on peut obtenir du moiré avec ces substances, ce moiré n'est nullement comparable à celui des damas véritables. La corne crue a donné de meilleurs résultats que la corne brûlée.

Fonte de fer.

J'ai essayé de fondre de la fonte avec du fer à l'abri du contact de l'air, en les mélangeant dans la proportion nécessaire pour obtenir de l'acier; on sait que la fonte contient de $\frac{3}{100}$ à $\frac{5}{100}$ de carbone: l'acier n'en renferme que $\frac{1}{100}$ au plus.

Les essais (n° 104-106) ont fait voir que 16 parties de fer et 4 parties de fonte donnent un acier facile à forger, mais cassant à froid. On parvient, il est vrai, à lui donner un peu plus de cohésion, en prolongeant la fusion. Mais comme on n'a point obtenu par ce procédé d'amélioration notable dans la qualité de l'acier, on n'a pas persévéré plus longtemps dans cette voie de recherches.

Substances minérales.

N'étant arrivé à aucun résultat satisfaisant, ni avec les végétaux ni avec les substances animales, il ne me restait qu'à tourner mes recherches vers le règne minéral. Les minéraux qui présentaient les plus grandes chances de succès étaient le graphite et le diamant.

Je n'eus d'abord à ma disposition qu'un graphite de médiocre qualité; on y voyait par places des veines et des grains de pyrite. J'en triai 2 liv. (0^k,82) du plus pur.

Les premiers essais (n^{os} 107-110) furent faits sans couvercle dans de petits creusets tenant jusqu'à 5 liv. (2^k,05) de fer. Je saupoudrai ce dernier avec $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,20) environ de graphite. L'essai fondit plus lentement qu'auparavant, quoique le vent fût assez fort; l'opération dura plus de deux heures. Lorsqu'on cassa les creusets, après les avoir laissés lentement refroidir dans le fourneau, les culots avaient l'air d'être imparfaitement fondus, car les morceaux de fer avaient en quelque sorte conservé leur forme primitive; mais cette apparence tenait à ce que le graphite qui entourait les morceaux de fer, n'était pas entièrement remonté à la surface du bain, et avait servi comme de moule au métal fondu. Les résultats obtenus dans le premier de ces nouveaux essais, furent beaucoup plus satisfaisants que tous les précédents. Après avoir forgé le culot en barre, on trouva

à son extrémité inférieure un moiré de véritable damas; mais à mesure que l'on approchait de la partie supérieure; les moires devenaient plus rares et plus irrégulières. L'extrémité inférieure de cette barre a fourni la première lame de Khorassan qui soit sortie de mes essais.

Plusieurs essais, répétés avec le même graphite, ont donné des résultats pareils, sauf quelques légères variations dans le fond et dans la disposition des moires. Malheureusement ces favorables résultats ne se soutinrent pas : dès qu'on eut changé de graphite, le métal cessa ou de se fondre, ou de se forger, ou bien encore de se moirer (essais n^{os} 111-128), et je fus occupé pendant deux années à retrouver les résultats que j'avais un instant obtenus. Les nombreuses expériences auxquelles je me suis livré pendant cette période de temps ont eu du moins pour fruit de m'ouvrir une nouvelle voie de recherches.

J'ai reconnu qu'en mélangeant du minerai de fer et du graphite (essais n^{os} 129—137) on peut obtenir immédiatement des régules de damas malléable. Cette découverte a de l'importance dans la métallurgie du fer; d'abord parce que personne n'avait encore obtenu jusqu'ici de métal parfaitement malléable, en traitant du minerai de fer dans un creuset; 2^o parce que ce procédé fournit d'excellent damas, si les matières premières sont de bonne qualité; 3^o parce que ce résultat tend à établir que l'ancien procédé de la

préparation du Taban, perdu depuis 600 ans, est peut-être aujourd'hui retrouvé; et enfin 4° parée qu'elle peut conduire aux découvertes les plus importantes pour l'économie du combustible dans les hauts-fourneaux, et pour l'amélioration des fontes, dans les usines placées à proximité de gisements de graphite. Toutefois l'arrondissement de Zlatoust et l'Oural, en général, ne contenant pas de riches gisements de cette substance, je n'ai pas donné suite à mes essais sur la fusion du minerai de fer avec le graphite, d'autant plus que cette méthode de se procurer le damas est plus dispendieuse que la précédente.

Les heureux résultats que j'avais temporairement perdus, ont repris dès que j'ai eu retrouvé de bon graphite. Le premier bon graphite qui me soit tombé sous la main consistait en débris de creusets Passen (essais n^{os} 138—139); il a fallu y ajouter : en poids de quartz (pierres de foyers calcinées). On s'est servi pour l'opération de grands creusets, où l'on chargeait en une fois 12 liv. (4^k,91) de fer et jusqu'à 1 $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,31) de graphite. On a fondu à creuset fermé. L'opération a duré de quatre à cinq heures, et par conséquent plus longtemps que la fusion de l'acier ordinaire. On a obtenu le plus souvent du damas à moires longitudinales ou Cham et quelquefois du Khorassan de qualité inférieure.

A cette époque, les essais faits par M. Bréant, Directeur de la Monnaie de Paris, fixaient l'atten-

tion générale. M. le chef de l'État-major des Mines ayant, dans une de ses inspections, honoré de son attention mes échantillons de damas, me chargea de répéter ces essais. J'ai, dans le 1^{er} essai (n° 141), fondu du fer gordu avec $\frac{1}{100}$ de suie; dans le 2^e (n° 142), j'ai porté la quantité de suie à $\frac{2}{100}$; dans le 3^e (n° 143), j'ai fait un mélange de $\frac{1}{100}$ de suie et de $\frac{1}{100}$ de graphite; dans le 4^e (n° 144), j'ai fondu ensemble de la fonte tendre et de la fonte crue; la fonte a été conduite à creuset fermé. Les culots se forgeaient bien, à l'exception du dernier. Le moiré, à l'extrémité inférieure des barres, rappelait celui qu'on obtenait avec les végétaux; il était fort différent de celui que présente le véritable damas. Ces essais m'ont convaincu que M. Bréant était encore loin du but, d'autant plus même que sa théorie sur le damas ne rend point suffisamment compte des faits, ainsi que j'ai eu occasion de le faire observer ailleurs.

Revenant en conséquence à mes derniers essais, je tentai d'y supprimer le quartz calciné que je soupçonnais avoir, par son silicium, une influence fâcheuse sur le damas. Il me semblait possible de remplacer cette substance par du minerai de fer. Mais les essais (n° 145-147) ont montré que l'addition du minerai de fer grillé ou du peroxyde de fer fait disparaître le moiré; il m'a donc fallu revenir à l'emploi du quartz (essai n° 148). Des essais antérieurs m'avaient fait connaître l'action du

protoxyde de fer sur l'acier; les derniers prouvent que le peroxyde agit autrement que le protoxyde. Cette observation m'a suggéré les essais n^{os} 149-150. 10 liv. (4^k,09) de fer tordu ont été fondues dans un creuset, sans couvercle, jusqu'à liquéfaction complète, et ont ainsi absorbé la quantité de carbone nécessaire pour les faire passer à l'état de fonte. Cette fonte, ainsi qu'il fallait s'y attendre, n'a pas pu se forger et n'a manifesté aucune moire. Je l'ai refondue, pour y faire naître le moiré, avec $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,20) de battitures, sans accès d'air; le culot était recouvert d'une scorie poreuse, verte, et avait un certain degré de malléabilité; mais sa partie inférieure a pu seule être forgée, et encore ne l'a-t-elle été qu'imparfaitement. Décapée, elle a montré de grandes moires pareilles à celles du Kara-Khorassan. Une nouvelle expérience (essais n^{os} 151—152) a été répétée sur du fer ordinaire; le résultat en a été le même. Une petite lame faite avec ce damas rappelait aussi le Kara-Khorassan, mais le fond en était gris et grossier. Ces derniers essais ont prouvé : 1^o que toute espèce de fer peut donner du damas, sans addition de graphite, quand on le refond avec des battitures et qu'on le laisse refroidir dans le creuset; 2^o que le fer tordu vaut mieux que le fer ordinaire, et donne un damas à fond plus éclatant; 3^o que ces damas sont d'autant plus difficiles à forger que l'acier en est plus carburé.

Ce procédé rassemble sous plusieurs rapports au

procédé persan, décrit par Mohamed-Ali : dans l'un comme dans l'autre cas, le fer est fondu au contact du charbon, et coulé après la fusion ; il ne manque, pour rendre la ressemblance complète, que la dernière façon propre à développer le moiré, façon qui a probablement été cachée à Mohamed-Ali, et qui est restée jusqu'à ce jour inconnue aux Européens. Mais j'imagine qu'en Perse l'acier non malléable, ou fonte pure, est ou refondu avec addition de protoxyde de fer, et abandonné à lui-même dans le fourneau pour qu'il cristallise en se refroidissant, ou coulé et soumis à quelque opération ayant pour objet de le rendre plus malléable, et dont nous parlerons dans le paragraphe relatif à la conversion de l'acier en damas.

J'ai essayé de fondre d'abord le fer avec le graphite, et d'ajouter ensuite des battitures à la fin de la carburation. Mais cette expérience (essai n° 154) n'a pas répondu à mon attente ; l'acier, après avoir été moulé, n'a manifesté ni moires ni amélioration de qualité.

Les damas obtenus avec addition de graphite restent au contraire malléables, tout en conservant un fort moiré, sans exiger aucune préparation supplémentaire. J'ai dû en revenir à l'ancien procédé, et je me suis mis en conséquence à chercher des graphites de la meilleure qualité possible.

10. *Influence de la qualité du graphite sur le damas.*

J'ai essayé diverses sortes de graphite. Plusieurs d'entre elles n'ont pu servir; d'autres étaient comparables pour la qualité au graphite des creusets de Passau; quelques-unes même étaient supérieures à ce dernier; les meilleurs graphites que j'ai trouvés étaient celui du lac Elantchik près des usines de Miasak et celui de Cumberland en Angleterre. Malheureusement, le premier de ces graphites ne se trouve qu'à l'état de petits cailloux roulés sur les bords du lac, au milieu du gravier arraché par les glaçons du fond de ce dernier. Il est si rare, qu'on a eu peine, au commencement de l'été, à en recueillir 2 liv. (0^k,82). Les recherches faites à plusieurs reprises dans les environs n'ont fait découvrir aucun gisement de cette substance. Le dessèchement du lac pourrait seul, sinon conduire à la découverte du gisement primitif, du moins faire trouver une couche de détritrus plus riche en graphite que les grèves du lac (*).

Graphite des premiers essais. Mes premiers essais

(*) La sécheresse de 1840 a justifié cette hypothèse. L'eau du lac Elantchik a, en baissant, mis à nu un gisement considérable de graphite qui fut bientôt de nouveau recouvert par l'eau. On a recueilli pendant la sécheresse jusqu'à 2 pouds (32^k,74) de ce minéral.

furent faits avec deux sortes de graphite. Le premier était un graphite brut, de couleur foncée, doux au toucher, mais souillé de pyrite ; on ne put s'en servir. Le second consistait en fragments de creusets ; il était de bonne qualité ; on fondait en une fois de 10 à 12 liv. ($4^h,09$ à $4^h,91$) de fer avec 1 ou $1\frac{1}{2}$ liv. ($0^h,41$ ou $0^h,51$) de ce graphite, en variant soit la composition du flux, soit le temps de la fusion, soit enfin l'intensité de la température (essais n^{os} 155-167). Voici les observations que j'ai pu faire pendant ces essais :

1. Le fer et le graphite de creusets, avec simple addition de battitures, ne fondent que très-difficilement. Les battitures exigent, pour se réduire en fer, environ $\frac{1}{2}$ du poids de graphite employé (essai n^o 156).

2. Le quartz calciné peut être remplacé avec avantage par la dolomie (essais n^{os} 157-158).

3. Si le métal coule au feu, ce qui en reste dans le creuset n'est la plupart du temps pas malléable ; quoiqu'il conserve son moiré ; l'altération qu'éprouve le damas dépend de la place et de la grandeur de la fente ; il perd même quelquefois son moiré dans ce genre d'accident (essai n^o 164).

4. Le damas une fois altéré ne revient pas, quand on se contente de le refondre (essai n^o 165).

5. Plus la chaleur est forte et la fusion longue, meilleure est la qualité du métal ; mais aussi plus il y a de chances d'accidents pour le creuset.

6. Le graphite frais et celui qui a déjà servi ne produisent pas les mêmes effets. Dans des circonstances pareilles, le métal obtenu avec de vieux graphite se laisse plus difficilement forger, ne se coupe pas tout à fait aussi net, et prend un moiré qui rappelle plus le Kara-Khorassan que le Taban (essai n° 166).

7. Le fer qui a séjourné dans la terre fond plus difficilement que le fer ordinaire (essai n° 182).

8. Le fer en petits clous ne donne pas de meilleur damas qu'un autre, et si les vieux clous sont préférés au fer ordinaire par les armuriers de Géorgie pour la fabrication des damas de fusion, ce n'est sans doute point à cause de leur état de division (essai n° 162).

Graphite des essais n° 167-172. Ce graphite qui provenait d'un nouvel approvisionnement ressemblait au premier, mais était moins foncé. Il était de meilleure qualité, car il m'a servi à obtenir du Taban à moires moyennes et à fond de couleur foncée. Pour améliorer encore les résultats, j'ai prolongé la fusion pendant cinq heures. Les rasoirs faits avec l'acier de cette fonte ont en effet été trouvés excellents, et les lames qu'on en a fabriquées présentaient un moiré régulier, sur un fond de teinte foncée et à reflet rouge clair.

Graphite ayant déjà servi. Le graphite qui a déjà servi n'exige point de fondant (essai n° 175), mais on en perd autant et quelquefois même plus

qu'avec le graphite frais; il se forme jusqu'à $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,20) de scories. Si l'on ajoute des battitures, la quantité de scories s'élève jusqu'à 1 liv. (0^k,41).

La qualité du métal devient meilleure en proportion des battitures qu'on y ajoute et des scories qui s'en séparent. On remarque particulièrement, dans ce cas, que le fond du moiré s'améliore et prend un reflet doré; or, on sait par la comparaison des diverses qualités de damas, que le reflet est un des signes auxquels on reconnaît la valeur du métal.

Graphites de Miassk et d'Angleterre. Les caractères minéralogiques des graphites de Miassk et d'Angleterre sont assez semblables; le premier est néanmoins un peu plus foncé que le second; tous les deux ont une rayure éclatante, nette et fine. L'excellence de ces graphites s'est surtout manifestée par la beauté du reflet doré qu'ils communiquaient au damas, quand ce dernier était tendre et à faible moiré (essais n^{os} 179-181). J'ai observé que ces graphites donnent de meilleur damas, quand ils ont déjà servi que quand ils sont frais.

Voulant apprécier l'action du diamant sur le damas, j'ai fait deux essais dans des conditions absolument pareilles (n^{os} 184-185), avec et sans addition de diamant. Je fondis en conséquence deux mélanges de 5 liv. (2^k,05) de fer et de $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,20) de graphite, à l'un desquels j'avais ajouté un diamant de $\frac{1}{2}$ carat. Le résidu de graphite et les scories du creuset furent soigneusement examinés au micros-

cope; mais comme on n'y trouva aucune trace de diamant, il fallut en conclure qu'il s'était intégralement combiné avec le fer. Du reste le damas fait avec le diamant, loin de valoir mieux que l'autre, était au contraire moins bon. Il y aurait sans doute de la témérité à tirer de cette seule expérience une conclusion positive sur l'action du diamant; mais on est fondé à penser que l'emploi de cette substance ne ferait qu'élever, sans compensation, la valeur du damas.

Les essais faits avec le graphite ont donné lieu aux observations suivantes :

1. Sur 12 liv. ($4^k,91$) de fer, la perte en graphite s'élevait jusqu'à 80 zol. ($0^k,341$); en en défalquant 15 zol. ($0^k,064$) pour la réduction des battitures (essai n° 155), on trouve qu'à chaque liv. ($0^k,41$) de fer correspond une consommation de $6 \frac{1}{2}$ zol. ($0^k,027$) de graphite. On ne peut sans doute pas encore déduire de cet essai la quantité de carbone qui entre en combinaison avec le fer; mais si l'on compare les damas de moiré pareil, on remarque que plus les moirés sont grandes ou marquées, plus le damas est dur, et par conséquent plus il contient de carbone.

Une partie du carbone peut se perdre par voie de combustion. Il en résulte que le déchet du graphite n'est point uniquement dû à sa combinaison avec le fer, surtout quand la durée de la fusion se prolonge.

Il suffit d'examiner le couvercle du creuset pour reconnaître qu'il se perd du damas dans l'opération; le dessous de ce couvercle se trouve en effet tout couvert de petits globules d'acier, qu'il faut attribuer à la condensation des vapeurs du métal, ou, ce qui est plus vraisemblable, au jaillissement de menues gouttelettes du bain métallique.

2. De 12 liv. ($4^k,91$) de fer et de 36 zol. ($0^k,153$) de battitures, j'ai obtenu un poids de damas qui a varié de $12\frac{1}{2}$ à $12\frac{3}{4}$ liv. ($5^k,01$ à $5^k,22$) (essais n^{os} 167-177). Une pareille divergence de résultats ne peut être attribuée aux variations de déchet du damas, car les circonstances de la fusion étaient presque identiquement les mêmes. Si l'on compare la quantité de scories obtenues à celle du fondant employé, on trouve que les scories ont parfois pesé plus que le double du fondant. On pourrait croire d'abord qu'elles corrodent les parois du creuset, quand elles sont très-liquides et que la fusion dure très-long-temps; mais on ne remarque quelquefois aucune altération dans ces parois, soit au-dessous soit au-dessus du niveau des scories, et d'ailleurs j'ai également obtenu des scories, en n'employant que du bois, sans addition de fondant. Il en faut donc conclure qu'elles se forment pour la majeure partie aux dépens du fer. Pendant un essai (n^o 175) où je n'avais mêlé avec le fer que du graphite ayant déjà servi, et par suite par de toute substance étrangère, j'ai obtenu jusqu'à $\frac{1}{2}$ liv. ($0^k,20$) de scories; le

couvercle était d'ailleurs parfaitement intact, bien soudé au creuset, et les parois de ce dernier, depuis le couvercle jusqu'aux scories, avaient conservé leur aspect d'argile cuite et leur épaisseur primitive. S'il n'entre point de flux dans la composition de l'essai et qu'on n'obtienne point de scories, le damas est de très-mauvaise qualité; si l'on s'est servi de flux, et que la quantité de scories soit moindre que la quantité de fondant employé, le damas est encore de qualité très-inférieure.

11. *Conversion de l'acier fondu en damas.*

Mes essais ont fait voir que les damas durs, et notamment le Kara-Khorassan, contiennent plus de carbone que l'acier fondu, résultat que confirment d'ailleurs les analyses chimiques; cette richesse en carbone n'empêche point les damas d'être très-malléables. La cristallisation, loin de diminuer la malléabilité de l'acier, ne fait donc que développer cette précieuse propriété. Mais en vain essayerait-on de porter l'acier fondu à un degré de carburation aussi avancé; à l'inverse du damas, cet acier perdrait toute sa malléabilité. On sait d'ailleurs que l'acier fondu trop dur, trop difficile à forger et à ouvrir, peut être amélioré par un recuit opéré à l'abri du contact de l'air, sans que le métal perde sensiblement de sa dureté à la trempe. D'un autre côté, si le recuit dure longtemps et sans accès d'air, l'a-

cier prend du moiré, d'où il résulte que cette opération produit sur le métal le même effet que la cristallisation due à un refroidissement lent. L'acier fondu est donc susceptible d'être converti en damas. J'ai, à cet effet, mis de l'acier dans une caisse en fonte au milieu d'un fourneau de chaufferie, et recouvert la caisse avec une plaque en tôle, sur laquelle j'ai répandu du sable fin mêlé d'argile. Après trois jours, je retirai l'acier et l'ayant poli, je trouvai du moiré sur tous les échantillons, plus large sur les plus durs, plus fin sur les plus tendres. L'acier était en outre plus doux à travailler qu'auparavant, devenait aussi dur à la trempe et donnait des ciseaux plus résistants.

Les résultats de ce premier essai m'ayant engagé à le répéter sur une plus grande échelle, je construis à cet effet un fourneau de chaufferie spécial, dont la fig. 1, pl. V, donne la forme et les détails.

Description du fourneau. *a* est le foyer muni de sa grille *b*; la flamme arrive, par les canaux *c*, sous la caisse en fonte *d*, que supportent de petits piliers en briques *e*, sur la paroi *f*, se réverbère contre la voûte *g* et gagne par les conduits *hi* la cheminée *k*. Le fourneau est fait de briques ordinaires, attendu que la température n'y dépasse par le rouge clair; les canaux étant plus exposés à la chaleur, sont seuls faits en briques d'argile réfractaire.

Conduite du travail. La caisse tient jusqu'à 40 pouds (655^l) d'acier fondu forgé. L'acier est recouvert de deux feuilles de tôle qui entrent exactement dans la caisse, et sur lesquelles on répand 1 verch. (0^m,04) de sable atteignant jusqu'aux bords de la caisse. Les ouvreaux pratiqués en *m* dans la voûte et en *n* dans la paroi latérale du fourneau, sont fermés avec des briques et lutés avec de l'argile; on fixe dans l'ouverture *n* un tuyau en fer qui est fermé par un clapet et par lequel on surveille le degré de chaleur. On jette dans le foyer trois ou quatre bûches de bois de bouleau, qu'on renouvelle à mesure qu'elles se consomment. Le troisième jour, la caisse est portée au rouge; on enlève alors une brique de l'ouverture *m*; on égalise le sable de manière à ce qu'il ne se répande pas pendant l'affaissement des feuilles de tôle; on remet la brique, et on continue d'entretenir la caisse à la température rouge. Le recuit dure de trois à neuf jours, selon la dureté de l'acier. On consomme pour recuire 40 pouds (655^l) d'acier, jusqu'à 5 sagènes (*) de bois de bouleau.

Influence de la substance employée pour couvrir l'acier. Opérant sur une grande échelle, j'avais d'abord jugé inutile d'employer du sable fin tamisé et je me servis de sable ordinaire de rivière; mais

(*) La sagène de bois a 2^m,18 de hauteur et autant de largeur. Les bûches ont 0^m,53 de longueur.

quand le recuit fut terminé, je ne fus pas peu surpris, non-seulement de n'apercevoir aucun moiré sur l'acier, mais encore de voir que chaque pièce d'acier avait à sa surface pris une texture grenue et perdu sa première dureté. Cet essai prouvait que le gravier quartzeux ne constitue point un couvercle assez imperméable au carbone renfermé dans l'acier. Je répétai donc l'expérience, en recouvrant l'acier de deux feuilles de tôle qui furent solidement enduites d'argile et chargées de sable tamisé jusqu'à la hauteur des bords de la caisse; les barres d'acier montrèrent cette fois des apparences de moiré, mais ce dernier n'était pas encore aussi distinct que dans l'essai fait sur une petite échelle. J'essayai d'ajouter au sable de la cendre, pensant obtenir ainsi une clôture plus hermétique de la caisse; mais j'arrivai à un résultat inattendu : les barres d'acier recuit se sont fendues à la trempe, défaut que n'avait point l'acier avant son adoucissement. Il était difficile de trouver la véritable cause de ce fait sans recourir à l'analyse chimique; mais il y avait cependant lieu de penser que l'acier avait été altéré par le potassium renfermé dans la cendre. Enfin, après avoir, dans une série d'essais, multiplié diversement la composition du couvercle, j'ai reconnu que le mieux est d'enduire d'argile blanche la tôle ou les planches en fonte posées sur l'acier, et de les recouvrir de sable argileux qu'on remue fréquemment pendant le recuit; on préserve ainsi l'acier de toute altéra-

tion, et l'on obtient un acier moiré, c'est-à-dire passé à l'état de damas.

Résultats des essais. Il résulte de mes expériences que l'acier peut subir, par le recuit, trois modifications dans ses qualités : ou bien il s'adoucit, surtout à la surface; ou bien il devient plus dur; ou bien enfin il se moire sans notable variation de dureté. La première de ces modifications se manifeste par une couche de battitures à la surface des barres d'acier; l'acier devient, en outre, grenu à sa surface, ce qui produit un liseré blanc sur les bords de sa cassure. La deuxième modification se révèle par la facilité avec laquelle l'acier casse, sans avoir été trempé. Enfin, la troisième est indiquée par la pureté de surface des barres, que ne souille aucune trace de battitures, par la ténacité du métal, par la texture homogène et à gros grains de la cassure; la texture n'est toutefois point la même dans toute la longueur de la barre : l'extrémité qui occupait le haut du moule ne manifeste presque jamais de texture à gros grains ni de moiré bien distinct. Ces observations conduisent aux règles suivantes :

1. Il suffit d'un recuit de trois jours pour développer le moiré, en ne comptant pas le temps nécessaire pour échauffer le fourneau.

2. Plus le recuit dure longtemps, plus l'acier devient doux, nonobstant toutes les mesures prises pour fermer hermétiquement la caisse. Ce fait

explique pourquoi l'acier dur est plus long à recuire que l'acier tendre.

3. Le meilleur acier est celui qui prend le plus vite la texture à gros grains , ou qui cristallise le plus facilement.

Nous avons dit ailleurs que le succès du recuit dépend de l'imperméabilité de la caisse en fonte; il faut essayer cette dernière avant de s'en servir, en s'assurant qu'elle retient l'eau, sans en laisser passer une goutte. Les parois de la caisse s'oxydant fortement pendant l'opération doivent avoir une certaine épaisseur; pour une capacité de 40 pouds (655^h) d'acier, la caisse doit peser jusqu'à 20 pouds (327^h). Il faut nettoyer les canaux d'air après chaque opération pour les débarrasser de l'oxyde de fer formé aux dépens de la caisse.

Comparaison des qualités de l'acier recuit et de l'acier non recuit. L'acier recuit est plus malléable que l'acier non recuit, plus doux à la lime, moins sujet à s'altérer par la trempe, plus résistant quand il a été trempé.

L'acier recuit étant moiré comme le damas, devrait être désigné du même nom; mais pour le distinguer du véritable damas, je l'appellerai *damas fondu*.

Le moulage de l'acier, quoiqu'il détruise sa disposition à cristalliser, est cependant indispensable si on veut le forger sur de grandes dimensions et à

un prix de revient qui ne dépasse pas celui de l'acier ordinaire.

L'on n'a point obtenu de damas en Angleterre par le recuit de l'acier, quoique l'acier anglais prenne aussi le moiré dans cette opération ; mais il faut, je crois, l'attribuer à ce que les fabricants anglais n'ont pas suffisamment observé les modifications qu'éprouve l'acier dans le recuit, et ont surtout cherché son amélioration dans l'action des substances étrangères qu'ils emploient pour l'adoucir.

Recuit du fer. Le recuit qui avait eu une si heureuse influence sur l'acier fondu, devait en exercer une non moins favorable sur le fer même. L'expérience a fait voir que toute espèce de fer prend par le recuit une texture homogène, à gros grains, laquelle est celle qu'on estime le plus dans le fer.

Le fer recuit, employé à la fabrication de l'acier fondu, l'améliorait sensiblement, en lui donnant plus de cohésion sans en diminuer la dureté. Comme on emploie exclusivement dans la fabrication de l'acier des débris inutiles tels que ferraille, tournures, limailles, etc., j'eus l'idée de recuire toutes ces substances avant de les fondre. Conformément à mes prévisions, l'acier préparé avec les rognures recuites s'est trouvé meilleur que l'acier fait avec ces matières sans recuit préalable.

Non content de ce résultat, j'opérai simultanément un recuit et une cémentation en mêlant les

rognures dans la caisse avec du fraisil de charbon lavé. Quoique je n'eusse point obtenu la température de la cémentation, le métal prit néanmoins plus vite la texture grenue que sans fraisil, et l'acier atteignit toute la perfection désirable. On a donc désormais employé du fraisil dans le recuit des riblons, et ce recuit a constamment amené l'acier fondu de Zlatoust à la supériorité de qualité que l'acier fondu anglais avait seul atteinte jusqu'à ce jour.

Par économie, j'ai construit un four à recuire de grandes dimensions (*fig. 2*, Pl. V). La caisse en fonte pouvait recevoir jusqu'à 200 pouds (3274^l) de ferraille. Le recuit y dure 18 jours; on y brûle jusqu'à 5 sagènes de bois en bûches de 7 tchetverts (1^m,24) de longueur; et l'on ajoute par 5 pouds (82^l) de ferraille, 1 reisse de fraisil de charbon.

J'ai fait subir un second recuit à l'acier provenant de fer déjà recuit. Cette deuxième opération était destinée à développer le moiré, ou en d'autres termes à faire passer l'acier à l'état de damas. Quoique le deuxième recuit entraîne de nouvelles dépenses, les frais en sont cependant couverts par la diminution des rebuts de l'acier à la forge; il se fait d'ailleurs sans fraisil et ne dure que 3 jours. Pour connaître le résultat du recuit, il suffit de polir et de décaper l'extrémité de l'une des barres.

Le problème que je m'étais proposé est donc

résolu ; il n'y a pas à douter que le damas fondu ne soit, vu la modicité de son prix , généralement employé , non-seulement pour les instruments qui demandent une qualité supérieure d'acier, mais encore pour tous les objets qui doivent être affilés et résistants et que l'on prépare maintenant ou avec l'acier brut, ou avec l'acier brut corroyé, ou avec l'acier de cémentation, ou enfin avec l'acier fondu anglais dont le prix est si élevé.

12. *Caractères extérieurs du damas.*

Les caractères extérieurs auxquels on peut reconnaître les qualités du damas sont : le moiré ou le dessin, le fond, et le reflet.

Du moiré. Il a été déjà question (paragraphe 2) de la dimension du moiré. Sa forme et sa disposition sont d'une extrême variété, et il faut une grande habitude pour apprécier à ce signe la valeur du damas ; le meilleur moyen d'acquérir cette habitude est de se procurer des échantillons ou du moins des dessins très-exacts des divers moirés que peut présenter le damas ; et ensuite de se mettre au courant des principes fondamentaux que suggèrent l'expérience et les procédés même de la fabrication des damas.

Le moiré que manifeste un culot de damas, s'observe plus distinctement encore sur les scories qui le recouvrent, en sorte qu'on peut assez exac-

tement juger de la qualité du métal à la seule inspection des scories. En examinant attentivement ces dernières au microscope, on voit qu'elles prennent, au contact du culot, toutes les inégalités du métal. Ces inégalités varient à l'infini. Ce sont : tantôt des aspérités et des dépressions irrégulières ; tantôt des aspérités longitudinales, plus ou moins parallèles entre elles ; tantôt des aspérités réunies par groupes plus ou moins distincts ; tantôt des lignes droites parallèles, plus ou moins longues et épaisses ; tantôt un double système de lignes parallèles, se coupant sous un angle d'ouverture variable et formant ainsi des losanges ; tantôt un double système de lignes se coupant à angle droit, et formant des carrés distincts. L'on peut distinguer les scories en diverses sortes. Aux premières scories correspond un métal qui ne manifeste aucun moiré après le travail de la forge. Avec celles de la seconde espèce, on a un métal qui se moire longitudinalement sous forme de lignes irrégulières. Avec les troisièmes, les lignes restent parallèles. Avec les quatrièmes, on a deux systèmes de lignes : les unes suivent la longueur de la barre, en prenant une courbure plus ou moins prononcée ; les secondes sont disposées transversalement sous différents angles et avec diverses courbures ; quelquefois, on voit des points isolés entre ces lignes. Avec les cinquièmes, les lignes longitudinales prennent une courbure plus prononcée encore et les

lignes transversales, en se brisant sous différents angles, forment des dessins pareils aux mailles d'un filet. Avec les sixièmes, les lignes longitudinales et transversales deviennent encore plus courbes et comprennent entre elles une infinité de petits points, dont la masse ressemble à une grappe de raisin; ces grappes sont tantôt irrégulièrement semées à la surface du métal, tantôt disposées par rangées d'une telle symétrie que le métal semble composé de plusieurs morceaux soudés transversalement. Aux deux premières sortes de scories correspond un damas qui ne peut être d'aucun usage et qui, par conséquent, ne mérite pas d'être désigné de ce nom; mais avec les autres variétés on a, dans l'ordre suivant, des damas de qualité d'autant meilleure que les moires des scories sont plus régulières.

1. Le dessin consistant principalement en lignes droites presque parallèles correspond à la plus mauvaise sorte de damas.

2. Quand les lignes droites deviennent plus courtes et commencent à se courber, la qualité du métal s'améliore.

3. Le métal est encore meilleur, quand les lignes se brisent, que leurs interstices se couvrent de points isolés et que les lignes courbes se multiplient.

4. Le damas approche davantage de la perfection, quand les lignes brisées deviennent encore

plus courtes ou se réduisent à des points, et quand elles sont assez nombreuses pour former comme les mailles d'un filet réunies par des fils serpentant dans différentes directions.

5. Enfin, on a la perfection, quand les filets transversaux, composés de petits points, se multiplient jusqu'à former comme des grappes de raisin, ou s'étendent sur presque toute la largeur de l'objet, en la divisant en parties égales entre elles et de dessin pareil.

Du fond. On peut apprécier par les scories le fond de la couleur du culot. Le même flux donne des scories de couleurs différentes; plus les scories sont vitreuses et incolores, plus le fond du métal est blanc, et vice versa; mais le métal est d'autant meilleur que les scories sont plus foncées. Toutefois, les scories foncées sont de différentes sortes; les unes sont vitreuses; les autres sont ternes, et dans ce cas, le moiré cesse de se manifester distinctement.

Les damas peuvent être divisés, sous le rapport du fond, en damas gris, en damas bruns et en damas noirs.

Du reflet. Le reflet se manifeste à la surface du culot, quand on sort ce dernier du creuset, après l'avoir suffisamment laissé refroidir à l'abri de l'oxydation.

Les culots de mauvaise qualité n'ont point de reflet et en général leur surface n'est pas unie. Plus

le métal est parfait, plus sa surface a d'éclat et plus son reflet est prononcé. Le reflet passe quelquefois du bleuâtre à la teinte d'or, de manière que le dessus du culot paraît être comme doré. Le reflet ne peut tenir à une oxydation superficielle du métal, car l'oxydation produirait une irisation qu'on n'observe point ici; il faut plutôt l'attribuer à la qualité même du métal. Le reflet est d'ailleurs indépendant de la dureté du métal.

Les damas peuvent être divisés, sous le rapport du reflet, en damas sans reflet, en damas à reflet rougeâtre, et en damas à reflet doré. Plus le reflet est prononcé et voisin de la teinte d'or, plus le métal est parfait. Si le damas est de mauvaise qualité, on ne peut par aucun mode de décapage y faire naître de reflet.

La coïncidence des différents caractères dont il vient d'être question donne, en supposant chacun d'eux porté à son plus haut degré, la limite supérieure de la perfection du damas. Un damas parfait aura donc les qualités suivantes :

- 1° Une malléabilité et une ductilité parfaites; non pas qu'il doive se forger comme du fer tendre, mais il faut qu'il se travaille avec facilité et netteté; on doit même pouvoir le forger à froid;
- 2° Une très-grande dureté après la trempe;
- 3° Un tranchant vif et délicat;
- 4° Une très-grande élasticité.

Je n'appliquerai pas les dénominations de l'Asie à chaque sorte de damas, car ces noms n'indiquent pas toujours le degré de leur perfection; il vaut mieux leur donner des noms correspondant à la nature de leur dessin. Nous pourrions donc en faire cinq variétés, savoir : le damas rayé, le damas moiré, le damas ondulé, le damas réticulaire et le damas chevronné. Toutes ces sortes de damas peuvent : 1° avoir des dessins de grande, moyenne ou petite dimension; 2° être gris, bruns ou noirs; 3° ne pas avoir de reflet, ou avoir un reflet, soit rougeâtre, soit doré.

13. *Composition chimique du damas.*

Les analyses de damas faites par M. Faraday et autres chimistes font voir que ce métal contient plus de carbone que l'acier ordinaire. Il ne s'ensuit pourtant pas que tout damas doive nécessairement être plus carburé que l'acier; on a vu par certains de mes essais que le moiré peut se produire sur des damas très-tendres. On a également vu que la production du moiré, loin de tenir à la présence de métaux étrangers dans l'acier, est au contraire principalement due à l'absence de ces derniers. La bonté du damas dépend donc de la pureté du fer et du carbone, et sa dureté, de la proportion du carbone. Le fer peut en s'alliant à tous les corps former des combinaisons de qualités va-

riables à l'infini ; mais de tous ces corps , le carbone est sans doute le seul qui donne lieu à un produit utile, et la présence d'autres substances dans le fer doit plutôt être considérée comme un défaut que comme une amélioration de la fabrication.

14. *Relation entre les caractères extérieurs et la composition chimique du damas.*

Il est impossible de classer chimiquement les principales variétés de damas, tant qu'on n'en aura pas fait une analyse exacte ; il est même douteux qu'on soit bientôt à même de faire des analyses assez parfaites pour déterminer rigoureusement les proportions relatives du fer pur et du carbone.

Je me bornerai donc , quant à présent , aux observations suivantes :

1° La grosseur , la netteté et le relief du moiré sont en rapport direct avec la quantité de carbone ; la disposition du dessin dépend de l'intimité de sa combinaison avec le fer. La teneur en carbone dans les damas dont le moiré est le plus vif et le plus distinct , peut , je crois , atteindre celle de la fonte (au maximum 0,05), et dans les damas dont le moiré est le plus faible et le plus fin , celle de l'acier (au maximum 0,01).

2° Le fond du damas et la couleur du moiré indiquent le degré de pureté du fer et du carbone :

plus le fond est foncé et brillant, plus les ondulations sont blanches; et plus le métal est pur.

3° Le reflet que prend l'acier me paraît être le meilleur indice de l'état auquel le carbone existe dans l'acier. D'après mes observations, l'on ne peut admettre, comme combinaison proprement dite du carbone avec le fer, que le damas à reflet doré (Taban et Khorassan des anciens). Dans les damas à reflet rougeâtre (Kara-Taban), le carbone contient en mélange quelque substance étrangère. Enfin, dans les damas qui n'ont pas de reflet, le carbone se rapproche du charbon ordinaire; de pareils damas, s'ils contiennent une quantité considérable de charbon, sont cassants : tels sont, entre autres, plusieurs Kara-Khorassan.

15. *De la fabrication du damas.*

L'exposé des nombreux essais que j'ai entrepris pour découvrir le secret de la fabrication du damas, fait voir que j'ai trouvé quatre moyens de le produire. On peut :

- 1° Traiter du minerai de fer par le graphite;
- 2° Fondre du fer avec du charbon et réduire partiellement le carbone par le protoxyde de fer ;
- 3° Soumettre le fer préalablement carburé à un recuit prolongé, à l'abri du contact de l'air ;
- 4° Fondre immédiatement le fer avec du graphite.

Le premier de ces procédés demande un minéral de fer extrêmement pur, exclusivement formé de protoxyde de fer, sans aucun mélange étranger et surtout sans la moindre trace de soufre. De pareils minerais sont malheureusement très-rare ; la consommation de graphite est, en outre, très-considérable, et la carburation du fer parfois incomplète. De plus, les minerais, vu leur faible densité, prennent plus de place que le fer, et ne contenant qu'environ la moitié de leur poids de métal, diminuent la quantité du produit dans le rapport de 1 à $\frac{1}{2}$ et même de 1 à $\frac{1}{3}$, tout en occasionnant identiquement les mêmes dépenses. On voit par là combien ce procédé est coûteux. La difficulté de se procurer des matières premières suffisamment pures, l'incertitude d'obtenir le fer carburé à la proportion nécessaire, et l'élévation du prix de revient rendent ce procédé inapplicable. Mais il nous retrace, sans doute, la méthode suivie par les anciens et nous explique le haut prix des bons damas d'Asie. Ce procédé a en effet dû, en raison de sa grande simplicité, s'offrir de préférence à tout autre aux anciens expérimentateurs. Ajoutons que l'usage des creusets remonte à une antiquité aussi reculée que la connaissance de l'or ; que les alchimistes ont jadis essayé de fondre tous les corps d'apparence métallique, et que le graphite a dû, à ce titre, leur paraître plus digne d'attention qu'à nous autres modernes, habitués que nous

sommes à le considérer comme une matière infusible et bonne au plus à la fabrication des creusets et des crayons.

Le second procédé n'a pas pu être adopté; le métal conservait une proportion considérable de carbone et se forgeait malaisément. J'attribue ce résultat à l'impureté du fer d'affinage et à la difficulté de le purifier complètement par le protoxyde de fer. On peut améliorer le fer en le conservant longtemps, comme on le fait en Orient, sous l'eau ou dans la terre; mais ce mode de purification me paraît tout à fait insuffisant.

Le troisième procédé, est déjà en usage; mais comme l'acier fondu doit, pour être malléable, ne contenir qu'une faible proportion de carbone, on n'obtiendra par là qu'une sorte de damas fondu, bon à la fabrication des objets de bas prix; le poud (16^h,37) de ce damas ne revient qu'à 10 rbls environ.

Enfin, le quatrième procédé que je considère comme le meilleur et le moins dispendieux de tous, est le seul dont nous allons nous occuper. La préparation du damas par ce procédé comprend : la fonte, le travail de la forge, la façon des objets, la trempe, l'affilage, le polissage et le décapage.

Fonte.

La composition du mélange, le degré de chaleur, la durée de la fusion, sont indiqués dans le journal

des essais; je ne traiterai donc ici que des circonstances qui n'ont pu trouver place, ni dans le journal, ni dans la description de mes expériences.

On met dans un creuset ordinaire 12 liv. ($4^k,91$) de fer; les alliages faits sur une plus grande échelle sont trop difficiles à forger. En général, plus le métal doit être dur, et moins on doit employer de fer, en sorte que sa quantité peut, dans certains cas, se réduire à 10 et à 8 liv. ($4^k,09$ et $3^k,27$). On met sur le fer un mélange de graphite, de battitures et de flux. Les meilleurs flux sont : les débris de foyers réfractaires et la dolomie. L'un et l'autre de ces flux peuvent être employés avec un égal succès, mais non concurremment; dans ce dernier cas, les scories se séparent trop difficilement du métal. En employant le quartz, il faut éviter d'ajouter trop de battitures. La dolomie est par elle-même un flux très-fusible, en sorte qu'on ne doit pas en employer plus de $\frac{1}{2}$ liv. ($0^k,20$) : au delà, le creuset pourrait être attaqué; mais si la quantité de dolomie est en rapport convenable avec le graphite, on obtient de meilleur damas avec ce flux qu'avec le quartz. Après avoir chargé les matières dans le creuset, on le recouvre avec un couvercle en argile, et l'on donne le vent, de la manière que j'ai décrite dans mon mémoire sur l'acier fondu. Le ventimètre à mercure doit marquer de $\frac{3}{4}$ à 1 pouce près de la buse, laquelle a 1 verch. ($0^m,04$) de diamètre. Au bout de $3\frac{1}{2}$ heures, le métal

est ordinairement fondu et recouvert d'une mince couche de scories, au-dessus desquelles suruage l'excédant de graphite; la perte en graphite s'élève alors jusqu'à $\frac{1}{4}$ liv. (0^k,10). Le métal a un faible moiré longitudinal, un fond clair et, si le graphite est de bonne qualité, un certain reflet. En prolongeant la fusion pendant 4 heures, il se perd jusqu'à 36 zol. (0^k,15) de graphite, et le métal prend un moiré ondulé; si elle dure 4 $\frac{1}{2}$ heures, la perte en graphite s'élève jusqu'à 48 zol. (0^k,20), et les moires sont de grandeur moyenne. A ce moment, le creuset commence à s'incliner, et il faut arrêter l'opération. Mais si l'affaissement du creuset est peu sensible, on continue la fusion pendant une demi-heure de plus : la perte en graphite atteint alors $\frac{3}{4}$ liv. (0^k,31); le moiré est réticulaire et de grandeur moyenne; la quantité de scories va jusqu'à $\frac{1}{2}$ liv. (0^k,20). Quand on voit que le creuset a bien gardé sa position pendant 5 heures et que les grilles du four ne sont pas encore assez obstruées de scories pour faire obstacle au passage du vent, on prolonge encore la fusion d'une nouvelle demi-heure; en ce cas, la perte en graphite s'élève quelquefois jusqu'à 1 liv. (0^k,41) et plus, et la quantité des scories à $\frac{3}{4}$ liv. (0^k,31), 1 liv. (0^k,41), et davantage; le métal acquiert alors un moiré plus ou moins prononcé, réticulaire et quelquefois chevronné.

Si le graphite n'est pas de qualité particulièrement bonne, le métal est rarement susceptible d'être

forgé. En employant du graphite de creusets de Passau, il ne faut pas en mettre plus de 1 liv. (0^k,41) pour que le métal reste malléable; le moiré est, dans ce cas, de grandeur moyenne. Si l'on diminue la quantité de graphite jusqu'à $\frac{3}{4}$ liv. (0^k,31), on obtient un damas réticulaire à moires fines.

Ainsi, pour obtenir le meilleur damas, il faut indispensablement :

1° Un charbon qui donne le moins de crasse possible; tel est, par exemple, le charbon pur de pin;

2° Un fourneau construit avec les briques les plus réfractaires;

3° Des creusets infusibles et non susceptibles de se fendre;

4° Un fer de la meilleure qualité, très-malléable et très-ductile;

5° Du graphite natif pur, ou le meilleur graphite de creusets;

6° Du quartz calciné ou de la dolomie;

7° Une très-haute température;

8° La plus longue durée possible de fusion.

Quand la fusion est terminée et que le charbon a bien brûlé jusqu'à la base du creuset, on arrête le vent; on laisse le creuset dans le four jusqu'à ce qu'il soit froid ou au moins jusqu'à ce qu'il soit noir; on enlève le couvercle; on retire le résidu de graphite; on brise les scories et l'on extrait le culot. Lors de son refroidissement, le damas prend une

surface parfaitement unie , ou présente près du centre une dépression dans laquelle la cristallisation est plus marquée et plus enchevêtrée que partout ailleurs : cette dépression constitue le *retrait*. Les damas qui n'ont point de reflet et surtout les damas durs, sont ceux qui donnent lieu au retrait le plus considérable. Si un culot dur, dont la surface n'est pas brillante, n'a aucune dépression apparente , on doit s'attendre à trouver une chambre dans l'intérieur du métal ; le damas s'est , dans ce cas, refroidi plus vite extérieurement qu'intérieurement. De pareils culots ne peuvent se forger, et le damas en est de la qualité la plus inférieure, fût-il couvert du plus fort moiré.

Travail de la forge.

L'on forge le damas avec un marteau à manche pesant $2 \frac{1}{2}$ pouds (41^{lb}). Le culot est chauffé à vent faible jusqu'au rouge clair, et posé sur l'enclume par sa large base. On commence par donner une allure lente au marteau, en tournant le culot toujours dans le même sens; il faut deux hommes pour cette opération. On donne de 3 à 9 chaudes; si l'alliage ne s'est pas gercé, on le fend en trois parties avec des ciseaux. Plus le damas est lent à se forger et net à se fendre, meilleure est sa qualité. Chacun des morceaux est reforcé au marteau, et amené à l'état de massiau régulier, puis ensuite à l'état de barre; le meilleur métal est celui qui

met le plus de temps à se refroidir sous le marteau. Les bons damas, quelle que soit leur dureté, ne passent que deux fois au feu, pour être convertis de massiaux en barres. J'ai essayé d'en forger quelques-uns sans les chauffer; ils se sont étendus sans gerçures et s'échauffaient au rouge sous le marteau. Si l'on chauffe une partie de la barre au blanc, elle perd sa malléabilité et s'émiette, quand le damas est dur; s'il est tendre, elle perd son moiré. On peut juger par là de l'attention avec laquelle le forgeron doit veiller à ce que le damas reçoive exactement le degré de chaleur auquel subsiste le moiré.

Les Européens n'ont pas l'expérience des Orientaux pour reconnaître les modifications que subit l'acier à la forge. Leur infériorité à cet égard vient de ce qu'ils n'ont pas sous les yeux des signes visibles de ces modifications. Mais quand ils auront à traiter le damas, ils comprendront bientôt les inconvénients de leur inexpérience, et chacun d'eux saura que la disparition du moiré à la forge est une altération du métal, imputable à la maladresse du forgeron.

Façon des objets.

Le damas forgé en barres a de petites irrégularités et des gerçures superficielles. On doit, pour acquérir toute certitude sur la bonne qualité des objets à fabriquer, commencer par affiler les barres et y faire des marques indiquant le dessous et le dessus

du culot; car le dessous a toujours un moiré plus régulier que le dessus, et doit, par conséquent, former de préférence le tranchant de l'objet. La façon des objets de damas est d'ailleurs la même que celle des objets de tout autre acier; il faut seulement avoir soin de chauffer aussi peu que possible et ne point dépasser le rouge-chair; le rouge-cerise est même suffisant pour la dernière chaude.

Trempe.

Tout damas et en général tout acier, chauffé et promptement refroidi, augmente de dureté, mais devient en même temps cassant comme le verre. Cette fragilité ne permet pas d'employer l'acier à l'état le plus dur; car, sauf les limes de serrurier, il n'y a point d'outils dont l'emploi ne nécessite un effort supérieur à la cohésion que la trempe laisse subsister entre les molécules de l'acier.

Pour diminuer la fragilité du métal, tout en conservant autant que possible la dureté que la trempe lui fait acquérir, on chauffe l'acier trempé, mais à une température beaucoup moindre que lorsqu'il s'agit de le soumettre à la trempe. A mesure que le métal s'échauffe, sa cohésion augmente et sa dureté diminue. La destination de l'objet indique le degré de chaleur qu'il faut donner, et les couleurs que prend le métal servent à connaître ce degré. Les principaux degrés de chaleur sont : le jaune, le violet, le bleu et le vert; le jaune est le degré infé-

rieur; au vert, le métal commence à perdre de son élasticité.

Les objets qui exigent le plus de dureté sont chauffés au jaune-paille, et ceux qui exigent le plus d'élasticité, au bleu. Mais si le métal n'est pas de qualité supérieure, on tâche de l'améliorer, dans le premier cas en chauffant au violet, et dans le dernier en chauffant au vert. Le violet est la température que demandent les ciseaux; le vert convient pour les faux.

Les damas de médiocre dureté sont trempés, selon le genre et la destination des objets, ou dans l'eau ou dans la graisse; les damas les plus durs sont de préférence trempés dans la graisse. Toutes les armes sont trempées dans la graisse presque bouillante: la graisse chaude est plus fluide que la graisse froide, se meut plus rapidement autour de l'objet chauffé qu'on y plonge, refroidit plus vite ce dernier, et donne, par conséquent, une trempe plus dure.

Après avoir chauffé à la chaleur rouge l'objet qu'on veut tremper, on le plonge dans la graisse chaude, et après l'y avoir laissé refroidir, on le sort du bain, on l'essuie et on le nettoie d'un côté avec une pierre à aiguiser, afin de mieux juger de la couleur à laquelle il convient de le réchauffer. On le réchauffe au-dessus du charbon, en ayant soin de donner la couleur convenable à la chaude. Ainsi, lorsqu'on trempe une lame de sabre, on la chauffe

au vert près de la poignée, au bleu à son extrémité, au violet à son milieu, au jaune vers le tranchant. Elle est ensuite redressée au marteau, affilée et plongée encore chaude dans l'eau froide. Si l'on veut augmenter l'élasticité de l'arme aux dépens de sa dureté, on chauffe alors au bleu et le milieu et le bout de la lame. Il est bon, pour augmenter la dureté du tranchant, de passer préalablement la lime sur ce dernier ; car généralement un objet mince se trempe plus dur qu'un objet épais. Quelques instruments, et notamment les rasoirs, se trempent dans l'eau ; d'autres, comme les faux, n'ont besoin que d'être agités dans un rapide courant d'air.

Affilage et polissage.

Quoique ces deux opérations soient exactement les mêmes pour le damas que pour l'acier, je crois cependant utile d'indiquer ici quelques précautions relatives à l'affilage et au polissage des objets qui exigent une dureté et un tranchant particuliers ; ces précautions sont d'ailleurs généralement peu connues.

L'affilage sur des grès ou des pierres à aiguiser modifie le degré de la trempe, surtout pour les objets minces. Ainsi, quand on affine des lames sur des pierres à aiguiser sèches, on est obligé de leur rendre leur élasticité, en les réchauffant, après l'affilage, jusqu'au bleu et les plongeant dans l'eau ;

c'est ce qu'on appelle *bleuir*. La nécessité de cette opération vient de ce que dans l'affilage les lames passent par places au vert, température à laquelle l'acier perd son élasticité. Les objets dans lesquels la solidité du tranchant est plus utile que l'élasticité, doivent être affilés sur des pierres constamment arrosées d'eau. Mais il faut que l'affluence de l'eau soit suffisante et que l'objet ne soit pas trop fortement pressé contre la pierre; sinon on perd tout le fruit de cette précaution, et l'objet perd sa fermeté et s'émousse rapidement. Telle est l'explication des qualités différentes qu'on observe entre des rasoirs faits du même acier.

Le polissage exerce la même influence que l'affilage sur la qualité des objets minces. Si l'objet reste appliqué quelque temps au même endroit contre le disque de polissage, il s'échauffe trop, et l'ouvrier ne peut même guère s'en apercevoir, car l'émeri efface immédiatement la couleur bleue qu'a prise le point trop chauffé. Le polisseur évite cet inconvénient en promenant constamment sur le disque l'objet qu'il polit. Quand on donne un grand poli, les mêmes inconvénients se reproduisent encore plus souvent, surtout pour les objets minces et notamment à leur tranchant. Les rasoirs peuvent ainsi être altérés sans remède. Il vaut donc mieux ne pas donner un haut poli aux objets qui exigent de la fermeté et du tranchant. Les objets de damas n'ont point besoin d'un fort poli;

car après le décapage, ce fort poli n'améliore ni le fond ni les dessins du moiré : il suffit de polir ces objets à l'émeri fin, délayé dans l'huile.

Décapage.

Il est impossible de reconnaître la qualité du damas sans le décaper. Tous les acides qui attaquent le fer attaquent aussi le damas ; mais pour décaper ou faire apparaître le moiré, il faut agir sur le fond plus que sur le dessin. Il semble, au premier coup d'œil, que le choix de l'acide soit indifférent et qu'il suffise de l'étendre au point où il ne corrode que le fond et respecte les dessins dont la structure résiste davantage à la dissolution. Mais tous les acides ne peuvent pas être employés avec un égal succès ; les uns n'agissent que sur le fer et laissent le carbone tel qu'il se trouve dans le métal ; les autres attaquent et le fer et le carbone. L'acide nitrique, par exemple, en dissolvant le fer, attaque aussi le carbone, et enlève au fond l'éclat et le reflet propres au damas ; l'acide sulfurique, au contraire, dissout le fer sans attaquer le carbone, et respecte l'éclat et le reflet du fond, surtout quand on l'emploie non pas à l'état libre, mais à l'état de sulfate. Le sulfate de fer de Perse, qui, je crois, contient une partie de sulfate d'alumine, passé pour le meilleur mordant qu'on puisse employer au décapage des lames. Pour 1 chtoff (1^{lt}, 54) d'eau, on emploie jusqu'à $\frac{1}{4}$ liv. (0^l, 10) de vitriol.

La lame qu'on veut décaper doit être parfaitement propre et purgée de toute huile, ou autre matière grasse. En conséquence, on la nettoie préalablement au moyen de cendres fines avec de l'eau ou de la lessive, et on la lave ensuite dans l'eau propre. On la plonge dans la dissolution de mordant chaude, ou bien on l'arrose de ce dernier, en la tenant au-dessus du vase qui le renferme. Quand les moires et le fond ont pris naissance, on sort la lame, on la lave à plusieurs reprises avec de la lessive et de l'eau froide et on l'essuie rapidement et légèrement avec un chiffon de toile sec. Cette opération ne dure pas plus de dix minutes et quelquefois moins, si la dissolution de vitriol est forte.

Les moires apparaissent très-promptement sur le damas, mais on prolonge quelque temps l'action du mordant, afin que les moires ressortent d'une manière plus tranchée sur le fond, lequel abandonné en même temps toutes traces du polissage et acquiert ainsi la couleur et le reflet propres au damas. D'un autre côté, si l'on prolonge trop longtemps l'opération, le fond perd son éclat et les moires leur couleur, le métal devient plus foncé, et si l'on va plus loin encore, le moiré disparaît totalement. Quoique le nettoyage à la cendre puisse faire reparaître le moiré, le fond n'en reste pas moins fortement corrodé et montre une surface mate. Aussi, si le métal ne manifeste au premier effet de l'acide ni fond de couleur foncée, ni reflet, on ne pourra les

y faire naître ni en prolongeant ni en recommençant l'opération; il faut avoir soin, en essuyant la lame, de ne point toucher un endroit essuyé à sec avec le chiffon humide, car cette place prendrait une irisation qui nuirait à la beauté du moiré. En général, le décapage demande beaucoup d'expérience et d'adresse.

Quelques acides végétaux produisent tout aussi bien le moiré que le sulfate de fer et sont d'un emploi beaucoup plus simple. Il suffit d'humecter l'objet avec du jus de citron ou avec du vinaigre de bière ordinaire, de le laver après l'apparition du moiré avec de l'eau froide, et de l'essuyer à sec avec un chiffon.

Les lames décapées sont enduites d'huile d'olive pure et essuyées de nouveau à sec; cet enduit les préserve de la rouille, même dans un endroit humide.

16. *Prix de revient et usages du damas.*

La comparaison des procédés employés pour la fabrication du damas et pour celle de l'acier fondu permet d'établir, sans grands détails, le prix de revient du damas. L'acier fondu revenant, toutes dépenses faites, à 10 rbls le poud, la fusion du damas doit coûter 40 rbls, puisqu'on en obtient quatre fois moins dans les mêmes fourneaux. La dépense en graphite de première qualité est de 2 rbls par poud, en comptant la livre de cette substance à

50 kop. Le prix de revient total du damas s'élève donc, y compris le travail de la forge, à 50 rbls ; c'est le prix auquel on vend l'acier fondu anglais.

Les récits faits par les voyageurs sur la qualité de quelques damas asiatiques ne sont nullement aussi exagérés que plusieurs métallurgistes modernes l'ont cru jusqu'à ce jour (*). Il est notamment exact qu'on peut, avec un damas réticulaire ou chevronné, à grandes moires et à reflet doré, couper facilement dans l'air un fichu de gaze ; j'ai moi-même réussi dans cette expérience avec mes damas. On n'en saurait faire autant avec une lame d'acier fondu anglais ; à peine peut-elle couper une étoffe de soie. On rapporte que les damas coupent des os, des clous, etc., sans s'ébrécher ; le fait est vrai, mais il faut que le sabre soit fait de bon damas, trempé et recuit au point convenable. Une bonne lame de damas, trempée au même point qu'une lame d'acier, entaillera toujours cette dernière sans s'ébrécher, et un damas médiocre, comme certains Khorassan, y fera du moins des entailles, s'il se brise sous la force du coup. Une lame d'épée faite de bon damas, régulièrement affilée et convenablement trempée, ployée à la manière ordinaire, s'échappe sous la flexion et se redresse instantanément. Si même on pose le pied sur le bout et qu'on

(*) *Manuel complet du travail des métaux*, traduit de l'anglais par Vergnaud, 1835.

la courbe à angle droit, elle ploie sans se briser et reprend, quand on la redresse, toute son élasticité première. Quel est l'acier qui jouirait d'une pareille propriété ? Un rasoir de bon damas, exempt de défauts, fera au moins deux fois plus d'usage que le meilleur rasoir anglais.

En général, tout objet qui exige de la force et du tranchant doit être fait en damas dur, c'est-à-dire en damas qui manifeste le moiré avant le décapage, et tout objet qui demande de l'élasticité doit être fait de préférence avec le damas tendre. Il va sans dire que chaque genre de damas doit être d'aussi bonne qualité que possible; il ne suffit pas qu'il porte un moiré longitudinal.

J'ai fait connaître le moyen de se procurer du damas. J'ai montré qu'on pouvait l'obtenir à un prix modéré. Un jour viendra, j'espère, où le damas appliqué aux emplois usuels, formera la matière première des armes de nos soldats, des instruments de nos cultivateurs, des outils de nos artisans. En un mot, j'ai la conviction que, quand les procédés de cette nouvelle fabrication se seront propagés, le damas remplacera toute espèce d'acier dans la fabrication des objets qui exigent et un fort tranchant et une grande dureté.

SOMMAIRE DU JOURNAL DES ESSAIS.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Points.		Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.		
	ANNÉE 1828. <i>Mars.</i>				
1	Acier corroyé. Verre de bouteilles.	5 $\frac{1}{2}$	1 00		Le creuset s'est attaqué et le métal n'a pas fondu, par suite de la liquidité des scories.
2	Acier corroyé. Flux { 3 de verre de bouteilles. 1 d'argile à briques. }	5 $\frac{1}{2}$	1 10		L'acier a bien fondu; il s'est, après moulage, mal forgé, et a manifesté à l'affilage un grand nombre de bulles dont la présence a été attribuée à l'accès de l'air dans la lingotière.
3	Acier corroyé. Flux du n° 2.	5 $\frac{1}{2}$	1 15		L'essai a bien fondu. La lingotière a été enduite de graisse. L'acier a montré à l'affilage une structure plus homogène que le précédent; mais il ne s'est pas forgé, soit parce qu'il contenait trop de carbone, soit parce qu'il avait pris trop de dureté.
4	Acier corroyé. Flux.	5 $\frac{1}{2}$	1 00		Le creuset s'est attaqué.
5	Acier corroyé. Flux { 1 de verre. 1 d'argile }	5 $\frac{1}{2}$	1 05		L'acier a fondu, mais ne s'est pas forgé, sans doute à cause de sa trop grande dureté.
6	Acier corroyé. Fer. Flux du n° 5.	4 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 15		L'acier a bien fondu, il s'est laissé forger, mais sans netteté.
7	Acier corroyé. Acier fondu. Fer. Flux ayant déjà servi.	3 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 20		L'acier s'est forgé, mais avec gercures.
8	Acier corroyé. Acier fondu. Fer. Flux ayant déjà servi.	3 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 20		L'acier s'est forgé. Le décapage à l'acide sulfurique faible, y a développé le moiré.
9	Aciers obtenus dans de précédents essais. Fer. Flux.	7 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 1	1 45		Le creuset s'est fondu, mais l'acier s'est bien forgé.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.		Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.		
10	Acier corroyé.	8 $\frac{1}{2}$	1 20		Vent très-uniforme; l'acier s'est bien forgé, mais il a fallu le chauffer peu et lentement. Il était dur et propre à la fabrication des outils fins. Il s'est moisé par le décapage à l'acide sulfurique faible.
	Fer.	1			
	Platine.	$\frac{1}{2}$			
	Flux.	$\frac{1}{2}$			
11	Fragments d'alliages.	8 $\frac{1}{2}$	1 35		L'acier s'est fondu après quelques coups de marteau.
	Acier corroyé.	$\frac{1}{2}$			
	Fer.	$\frac{1}{2}$			
	Flux.	$\frac{1}{2}$			
12	Acier corroyé.	8 $\frac{1}{2}$	1 45		Une partie du métal a coulé hors du creuset; ce qui en est resté ne s'est point forgé.
	Fer.	$\frac{1}{2}$			
	Platine.	$\frac{1}{2}$			
	Flux.	$\frac{1}{2}$			
13	Acier corroyé.	2 $\frac{1}{2}$	1 27		L'acier s'est forgé lentement, mais assez net; il rappelait par ses qualités le produit de l'essai n° 10.
	Débris d'acier platinifère.	$\frac{1}{2}$			
	Fer.	$\frac{1}{2}$			
	Flux.	$\frac{1}{2}$			
14	Acier corroyé.	7 $\frac{1}{2}$	1 10		L'acier ne s'est pas forgé.
	Débris d'acier platinifère.	1			
	Platine.	$\frac{1}{2}$			
	Fer.	1			
15	Acier corroyé.	8 $\frac{1}{2}$	1 20		L'acier se forge bien; mais il est dur. Sa teinte se fonce à la trempe. On en fait des outils d'un excellent tranchant et d'une forte résistance. Son moisé est plus distinct que celui des aciers précédents, mais différent toutefois de celui du damas.
	Fer.	$\frac{1}{2}$			
	Platine.	$\frac{1}{2}$			
	Flux.	$\frac{1}{2}$			
16	Acier de cémentation.	5	1 10		L'acier ne se laisse pas forger.
	Flux.	$\frac{1}{2}$			
17	Acier de cémentation.	5	1 35		L'acier se laisse difficilement forger; sa cassure est schisteuse. Le décapage y développe des dessins fins, mais nets, assez mats.
	Acier corroyé.	5			
	Flux.	1			
18	Débris d'acier allié de platine (contenant jusqu'à $\frac{1}{2}$ zol. de ce métal).	5	1 40		L'acier n'est pas très-dur et s'est bien fondu. Une lame faite de cet acier était de bonne qualité et a supporté les épreuves voulues. Le décapage y a déterminé des dessins, ici fins et jaunâtres, là confus et pâles. Les premiers doivent être produits par l'aluminium et les derniers par la platine. <i>Cette lame a été offerte au célèbre voyageur, baron de Humboldt, qui était alors à Zlatoust.</i>
	Acier corroyé.	4			
	Fer.	1			
	Flux.	1			

N ^{os} des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
19	Acier corroyé. Fer. Flux. L'argile à briques a été rem- placée dans cet essai par l'argile blanche ; et le flux composé de 2 d'argile et de 1 de verre.	liv. 8 2 1	b. m. 30	L'acier se forge bien, mais n'est pas très-dur après la trempe. Les ci- seaux qu'on en fabrique s'altèrent à la taille des limes.
20	Acier corroyé. Fer. Flux.	8 2 1	1 35	L'acier n'a pas fondu; le creuset s'est attaqué.
21	Acier corroyé. Flux.	10 $\frac{1}{4}$	1 45	L'acier a bien fondu. On l'a coulé dans la lingotière. Il se forge difficilement et se gerce. Le décapage y produit un moiré différent des précédents, ce qui paraît tenir à la présence du magnésium provenant des parties taillées de l'argile blan- che. Les ciseaux qu'on en fabrique ne résistent pas mieux que ceux de l'essai n ^o 19.
22	Acier corroyé. Flux.	10 1	1 40	Une partie de l'acier a coulé au feu ; le reste n'a pas fondu.
23	Acier corroyé. Fer. Flux.	8 2 1	1 45	L'acier se laisse forger et ses quali- tés sont pareilles à celles du précé- dent.
24	Fer. Flux.	10 $\frac{1}{4}$	1 20	Le creuset s'est attaqué.
25	Acier corroyé. Flux { 2 d'argile blanche. 1 de verre. 1 de battitures. }	10 1	1 35	L'acier se forge bien et a gagné en qualité. Son moiré est peu déve- loppé. Les ciseaux qu'on en fa- brique sont assez résistants.
26	Fer. Flux.	10 1	1 50	L'acier est pareil au précédent. Cet essai fait voir que le fer se carbure dans le creuset.
27	Acier corroyé. Flux. L'argile blanche a été remplacée par le quartz (pierres de foyers, calcinées et pilées).	10 1	1 45	L'acier paraît plus blanc au moulage que le précédent ; il est très-doux à forger, mais les ciseaux qu'on en fabrique résistent peu. Son moiré est peu marqué et diffère des pré- cédents par la disposition et la blancheur des dessins.
28	Fer. Flux.	10 $\frac{1}{4}$	1 40	L'acier est pareil au précédent, mais un peu plus dur.
29	Fer. Flux. Le quartz a été remplacé par la chaux.	10 1	1 15	L'acier se forge difficilement et se gerce ; il n'acquiert pas une très- grande dureté par la trempe. Le dé- capage y développe un moiré obli- que, dont la couleur rappelle celle de l'argent.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
30	Fer. Flux. Il suffit, pour obtenir un mètre plus fin, de remplacer le quartz par des laitiers de haut-fourneau, en conservant dans les mêmes proportions les autres éléments du flux.	10 1	1 50	L'acier se forge bien. Le mètre est à peine visible. Les ciseaux qu'on en obtient sont résistants, et en général l'acier est de bonne qualité.
31	Fer. Flux { 3 d'argile à briques. . . . 1 de battitures.	10 1	1 45	L'acier est pareil au précédent, mais le creuset a été attaqué par les scories, ce qui a fait abandonner ce genre de flux.
1829.				
32	Fer. Flux { 8 d'argile à briques. . . . 1 $\frac{1}{2}$ de verre. $\frac{1}{2}$ de battitures.	20 2	3 20	L'acier se forge facilement, et se moire, mais quand on essaye d'en faire des objets fins, il se fend; il faut renoncer au flux de cet essai.
33	Fer. Flux { 3 d'argile. 1 $\frac{1}{2}$ de verre. 1 de battitures.	20 2 $\frac{1}{2}$	3 40	L'acier est très-facile à forger, résiste bien, n'a pas une très-grande dureté.
34	Acier corroyé. Flux.	20 2 $\frac{1}{2}$	3 45	L'acier se forge bien, donne de bons ciseaux, est plus dur que les précédents.
35	Acier corroyé. Flux.	40 5	4 00	L'acier est propre à la confection des ciseaux, et peut remplacer l'acier anglais. Cet essai a été répété plusieurs fois et a constamment réussi, quand on saisissait à point le moment de la coulée. <i>Les essais faits sur la fonte de l'acier et du fer avec addition de flux ont fait voir: 1° qu'avec un même flux, la proportion du carbone dans l'acier dépend de celle du flux; plus on emploie de flux, plus l'acier est tendre, mais aussi plus la durée de l'opération est longue; 2° que plus on épargne le flux, plus l'acier fond vite, mais aussi plus le creuset est disposé à s'attaquer; 3° que le fer se cimente quand le flux s'étant liquéfié descend au fond du creuset; le flux remonte à la surface du bain à mesure que le fer fond en se carburant; 4° que la fonte doit être arrêtée au moment où le métal est liquéfié, mais où l'on aperçoit encore de petits morceaux de métal au-dessus des scories.</i>

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
	1830. INFLUENCE DE DIVERS MÉTAUX SUR L'ACIER. <i>Manganèse.</i>			
36	Fer. Manganèse. Flux.	20 $\frac{22}{98}$ 3		L'acier est un peu plus dur ; un couteau fait avec cet bûlage prend par le décapage un moiré dont le fond est plus foncé que dans l'acier ordinaire.
37	Fer. Manganèse. Flux.	20 $\frac{22}{98}$ 3	3 25	L'acier est meilleur que le précédent ; mais les ciseaux qu'on en fabrique s'émiettent. Son moiré est plus marqué que celui des précédents essais.
38	Acier corroyé. Manganèse. Flux.	20 $\frac{22}{98}$ 3	1 30	L'acier se forge bien ; il donne des ciseaux très-résistants.
39	Acier corroyé. Manganèse. Flux.	40 $\frac{42}{98}$ 6	3 35	L'essai a incomplètement fondu.
40	Acier corroyé. Manganèse. Flux.	10 $\frac{12}{98}$ $4\frac{1}{2}$	4 15	Les ciseaux faits de cet acier s'émiettent, mais il est de très-bonne qualité sous le rapport de la malléabilité et du tranchant. Le fond du moiré est plus foncé et le dessin plus distinct encore que dans les essais précédents.
41	Acier corroyé. Manganèse. Flux.	20 1 3		L'acier se forge bien : la barre qu'on en obtient montre à la cassure une texture schisteuse et se fend en deux ; la couleur du métal est, le long de la fente, blanche comme celle du zinc. Un couteau fait de cet acier a pris un moiré fin très-net. Les ciseaux qu'on en fabrique s'émiettent. Les essais 36-41 font voir que le manganèse exerce sur l'acier une influence presque aussi pernicieuse que l'aluminium. Si d'après l'opinion de quelques métallurgistes, la présence du manganèse dans les minerais de fer est nécessaire pour obtenir de bon acier, c'est que le manganèse agit autrement qu'en s'alliant à la fonte ou à l'acier.

N° des essais.	COMPOSITION.		Poids	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
	des ESSAIS.				
	Chrome.		liv.	h. m.	
42	Fer.	24	24		L'acier se forge bien, mais les ciseaux qu'on en obtient s'émiettent. Son moiré est beau, mais faible.
	Fer chromé (de Pollakowski).	$\frac{+1}{96}$			
	Flux.	$3\frac{1}{2}$			
43	Fer.	24	24		L'acier a bien fondu et se forge convenablement. Les ciseaux faits de cet acier sont assez résistants, mais ils s'émiettent fortement et se fendent même sous le choc. Dans la fente, la couleur est bleuâtre; le moiré est fin, de même teinte mais d'autre disposition que celui de l'acier allié de platine. Cet alliage prend un beau poli.
	Fer chromé.	1			
	Flux.	3			
	Titane.				
44	Fer.	24	24		L'acier se forge bien; les ciseaux d'essai s'émiettent un peu. Un couteau fait de cet acier a pris un moiré d'un beau dessin par endroits et longitudinal dans d'autres places.
	Fer titané (de l'Ilmen).	$\frac{+1}{96}$			
	Flux.	3			
45	Fer.	24	24		L'acier se forge facilement; les ciseaux d'essai résistent bien. Cet alliage est meilleur que le précédent.
	Fer titané.	$\frac{+1}{96}$			
	Flux.	3			
46	Fer.	24	24		L'acier se forge bien et les ciseaux d'essai sont assez résistants. Un couteau de cet acier a pris un moiré fin et égal; la couleur du fond approche du violet. Le couteau a un meilleur tranchant que ceux des précédents essais.
	Fer titané.	3			
	Flux.	1			
47	Fer.	24	24		Les ciseaux d'essai sont assez résistants, mais s'émiettent fortement; on en a fait un couteau dont le moiré se rapproche des plus fins moirés de damas. Les essais 44-47 prouvent que le titane nuit moins à l'acier que le manganèse et le chrome, quoiqu'on ne puisse attribuer à sa présence l'origine du moiré sur le damas. Les échantillons que j'ai conservés m'ont fait voir que l'acier allié avec les métaux des terres et les demi-métaux, est plus sujet à se rouiller que l'acier pur. A commencer par celui qui rend l'acier le plus attaqué à la rouille, les métaux peuvent être rangés dans l'ordre suivant:
	Fer titané.	2			
	Scories.	3			
					Calcium, Manganèse, Silicium, Chrome, Magnesium, Titane, Aluminium.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
48	Fer. Titane. Chrome. Manganèse. <i>Argent.</i>	24 $\frac{22}{96}$ $\frac{24}{96}$ $\frac{25}{96}$		L'alliage se forge bien; les ciseaux d'essai s'émiettent un peu. Le couteau fait avec cet acier prend des dessins fins et variés; cette variété même indique la présence simultanée de différents métaux dans l'alliage.
49	Fer. Argent fin. Scories.	24 $\frac{2}{96}$ 3	3 15	L'acier se forge bien; il donne des ciseaux de bonne résistance. Un poignard passé à l'acide montre par places de petites stries longitudinales blanches, sur fond gris.
50	Fer. Argent. Scories. <i>Or.</i>	12 $\frac{9}{96}$ $\frac{1}{2}$	3 15	L'acier se forge lentement, mais bien, les ciseaux d'essai sont résistants, et plus durs que les précédents. Un poignard fait de cet acier, prend des stries plus claires et plus distinctes, mais aussi irrégulièrement disposées que dans l'essai précédent. Cette irrégularité indique que l'argent a de la peine à s'allier chimiquement avec l'acier. Le fond de l'alliage est plus blanc qu'à l'ordinaire. <i>L'acier argentifère est en raison de sa malléabilité et de sa grande dureté d'un emploi beaucoup plus avantageux que les alliages d'acier et de demi-métaux. Il est en outre moins sujet à se rouiller que ces derniers.</i>
51	Fer. Or. Flux. <i>Platine.</i>	$\frac{4}{96}$ $\frac{2}{96}$ $\frac{1}{2}$	1 15	L'acier se forge très-facilement, mais donne des ciseaux peu résistants. Deux lames de cet acier, forgées, trempées et polies, n'ont pas l'élasticité suffisante, et ne prennent par l'acide aucun moiré; la présence de l'or ne se révèle dans l'alliage que par la couleur jaunâtre du fond.
52	Fer. Platine. Flux. <i>1831.</i>	24 $\frac{13}{96}$ 3	3 30	L'acier se forge lentement, a de la dureté, fournit des ciseaux résistants et des rasoirs tranchants; quelques-uns de ces derniers fondent toutefois à la trempe. Cet acier reçoit un beau poli et prend par le décapage un moiré fin, mais parfois irrégulier, et différent de celui qui se développe sur l'acier platinifère obtenu sans battitures.
53	Fer de Zlatoust.	40	4 10	L'acier est doux à forger, dur après la trempe. Les ciseaux d'essai taillent jusqu'à 4 limes.

N ^{os} des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
	Flux { 3 d'argile à briques. . . $\frac{1}{2}$ de battitures. . . }	4		
54	Acier corroyé. Flux.	40 4	4 20	L'acier se comporte comme le précédent à la forge et à la trempe. Les ciseaux d'essai taillent jusqu'à 5 limes.
55	Fer de Satkinsk. Flux.	40 4	4 25	L'acier est doux à forger et moyennement dur après la trempe. Les ciseaux d'essai ne taillent que 1 ou 2 limes.
56	Fer de Satkinsk. Flux.	40 4	4 15	Les ciseaux d'essai résistent aussi bien que les ciseaux faits avec le fer de Zlatoust; ils taillent de 3 à 4 limes.
57	Fer doux de Taguisk. Flux.	40 4	4 25	L'acier se forge en barres plus nettes que celui du n ^o 53. Les ciseaux d'essai sont de qualité comparable à celle des ciseaux anglais; ils taillent jusqu'à 6 limes. L'acier prend un léger moiré.
58	Fer de Taguisk. Flux.	40 4	4 15	L'acier est propre à la forge, dur; on peut se servir des ciseaux d'essai, quoiqu'ils s'émiettent facilement. L'acier prend un moiré marqué.
59	Fer tordu de Zlatoust, spécialement préparé pour l'essai. Flux.	40 4	5 45	L'acier se forge bien; il devient moyennement dur à la trempe. Les ciseaux d'essai sont résistants, mais inférieurs aux ciseaux obtenus avec le fer de Taguisk. <i>Les essais n^{os} 53-59 font voir que plus le fer est tendre, plus il fond difficilement, sans qu'il en résulte une amélioration correspondante dans la qualité de l'acier.</i>
60	Vieille ferraille ramassée dans la terre près des forges. . . Flux.	40 4	4 35	L'acier se comporte parfaitement à la forge et à la trempe; il fournit des ciseaux comparables aux ciseaux anglais. Il est plus blanc dans sa cassure, que l'acier ordinaire. On peut l'employer à la fabrication d'instruments fins tels que les burins.
61	Vieilles limes rouillées d'acier corroyé. Flux.	40 4	4 20	L'acier se comporte assez bien à la forge, mais les ciseaux d'essai s'émiettent facilement.
62	Vieille ferraille ramassée dans la terre. Flux.	40 4	2 45	L'acier n'a pas entièrement fondu; celui qui a été coulé dans le moule a été trouvé très-doux à forger et bon pour la fabrication des ciseaux. Il n'a point pris de moiré, et présente une surface mate unie.

Nos des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids. liv.	Durée de l'opération. h. m.	OBSERVATIONS.
63	Ferraille. Le flux a été supprimé. <i>Crouset ouvert.</i> <i>Crouset fermé.</i>	40	2 45 1 00	L'acier s'est affaîssi dans le crouset d'environ 3 pouces (0 ^m .97). On l'a fait couler sans ôter le couvercle, par une ouverture faite au côté du crouset. Il ne s'est pas bien laissé forger.
64	Ferraille. <i>Crouset ouvert.</i> <i>Crouset fermé.</i>	40	2 15 1 20	L'acier s'est affaîssi dans le crouset avant la pose du couvercle d'environ 3 pouces (0 ^m .98); il s'est bien forgé; les ciseaux qu'on en a fabriqués s'émettent légèrement.
65	Ferraille. <i>Crouset ouvert.</i> <i>Crouset fermé.</i>	40	2 10 2 00	L'affaîssissement de l'acier est d'environ 1 $\frac{1}{2}$ po. (0 ^m .04); il se forge très-facilement, fournit des ciseaux assez résistants, ne prend point de moiré.
66	Limaille d'acier corroyé. <i>Crouset ouvert.</i> <i>Crouset fermé.</i>	40	2 5 2 10	L'acier se forge très-facilement, donne des ciseaux meilleurs que les précédents, ne prend point de moiré.
67	Fer de Taguisk. <i>Crouset ouvert.</i> <i>Crouset fermé.</i>	40	2 10 2 15	L'acier se forge très-facilement. Les ciseaux qu'on en obtient sont comparables aux ciseaux anglais. Il ne prend point de moiré.
68	Fer doux de Zlatoust.	40	4 30	L'acier se forge convenablement, devient dur à la trempe: on en a fait une barre de 4 lig. (0 ^m .008) de large, de 1 lig. (0 ^m .002) d'épaisseur et de 8 verchs. (0 ^m .33) de long, qui, serrée par un bout dans les mâchoires d'un étau et courbée successivement de droite à gauche et de gauche à droite, ne s'est cassée qu'au neuvième pli. Les ciseaux faits de cet acier taillent 3 et 4 limes; il prend un poli pur; le fond du métal est brun, et son moiré à peine visible au microscope.
69	Acier de lopin recuit.	40	4 25	L'acier est facile à forger, a une couleur grise dans la cassure, devient dur à la trempe. La barre d'essai a supporté 8 plis. Les ciseaux faits de cet acier sont résistants, mais s'émettent un peu. Il prend un poli pur; son fond est brun clair; le moiré y est visible par places. Cet acier est un peu plus dur que le précédent.
70	Fer tordu.	40	5 00	L'acier est doux à forger, plus blanc dans sa cassure que le précédent; devient dur à la trempe. La barre d'essai a supporté 8 plis. Les ciseaux résistent bien, mais ne taillent que 3 ou 4 limes. Il prend un

N ^o des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
71	Fer tordu.	40	5 15	poli très-pur; le fond est de couleur foncée, sans être brun; le moiré est à peine discernable.
72	Limaile d'acier corroyé. . .	40	4 00	L'acier est pareil au précédent, mais acquiert moins de dureté par la trempe. Les ciseaux d'essai s'altèrent rapidement. La barre d'essai supporte jusqu'à 15 pils. Le fond du métal est de teinte foncée.
73	Limaile d'acier corroyé. . .	40	4 10	L'acier est facile à forger, moyennement dur. La barre d'essai supporte 24 flexions. Les ciseaux, faits de cet acier taillent jusqu'à 6 limes. Il prend un poli pur, le fond est brun, sans moiré.
ESSAIS DE CRISTALLISATION DE L'ACIER.				
74	Fer de Taguilsk.	40	4 30	L'acier, au lieu d'être roulé dans le moule, est refroidi dans le creuset. Après s'être d'abord bien forgée, la masse d'acier se fend sous le marteau. Un morceau de cet acier poli et rebattu laisse voir par places, au microscope, un moiré pareil pour la disposition à celui du damas. Il faut attribuer au poids du culot la difficulté qu'on a éprouvée à le forger.
75	Fer de Taguilsk.	20		L'acier n'a pu être amené par la forge qu'à la forme tétraèdre; il s'est ensuite gercé et fendu dans le sens de la diagonale; il manifestait par places un moiré fin, visible au microscope.
	Creuset ouvert.		1 45	
	Creuset fermé.		1 30	
76	Fer de Taguilsk.	20		L'acier s'est forgé, mais son moiré est à peine discernable. Les ciseaux d'essai se détruisent rapidement.
	Creuset ouvert.		1 40	
	Creuset fermé.		1 45	
77	Fer de Taguilsk.	20	4 00	L'acier s'est bien forgé; il montre un moiré plus marqué en dessous qu'en dessus.
78	Fer de Taguilsk.	20	4 25	L'essai n'a qu'incomplètement fondu; le culot est doux à la lime, a un moiré fin, mais égal, plus développé toutefois par-dessus que par-dessous. Passé à la forge, l'acier a

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.		Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.		
	1833. CARBURATION DU FER PAR DIFFÉRENTS CORPS CARBONÉS. <i>Substances végétales.</i>				<p>perdu ses destins, mais il est resté doux.</p> <p>Il résulte du rapprochement de ces essais et des précédents : 1° que l'inegalité du moiré et sa disparition même sont dus principalement au travail de la forge; 2° que l'acier lentement refroidi dans le creuset est disposé à cristalliser et à se moirer, mais que les moirés sont, dans ces cas très-fines, comparativement à celles du damas; 3° que plus la masse d'acier est considérable, plus il est difficile de la forger, à dureté égale; mais que la dimension des dessins est indépendante de celle des culots.</p>
79	Fer tordu. Érable.	5 98	1 35		L'acier se comporte bien à la forge; l'extrémité inférieure de la barre montre des dessins extrêmement fins.
80	Fer tordu. Érable.	5 96	1 30		Le creuset s'est refroidi plus lentement que dans l'essai précédent, parce qu'on avait laissé plus de charbon dans le fourneau; le moiré est pareil au précédent, ce qui prouve que la lenteur du refroidissement est sans influence sur les dimensions du dessin.
81	Fer tordu. Érable.	5 12	1 20		L'acier s'est bien forgé. Le moiré est net, pareil à celui du Khovassan.
82	Fer tordu. Érable.	5 12	1 20		L'essai n'a pas complètement fondu; l'acier qu'on en a obtenu s'est laissé forger. Sa teinte est plus foncée que celle du précédent; ses dessins sont longitudinaux, pareils à ceux du Cham.
83	Fer tordu. Érable.	5 98	1 30		L'acier a totalement fondu; le moiré est pareil à celui du Khovassan.
84	Fer tordu. Érable.	5 98	1 30		L'essai a incomplètement fondu; il y a peu de moiré.
85	Fer tordu. Érable.	5 98	1 30		L'acier a fondu, mais ne s'est pas forgé.

N ^{os} des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
86	Fer tordu. Érable.	liv. 10 40 96	h. m. 2 10	L'essai n'a fondu qu'en très-petite partie; l'acier qu'on en a retiré s'est laissé forger. Son moiré est très-fin, sans netteté.
87	Fer tordu. Érable.	10 40 96	3 00	L'acier s'est forgé lentement, mais bien. Il y a absence de moiré, sans qu'on ait pu en trouver la cause. <i>Il était intéressant de savoir si l'intensité du moiré augmentait en même temps que le poids de la masse fondue; on a en conséquence répété les essais sur des charges de 20 et de 30 livres.</i>
88	Fer tordu. Érable.	20 40 96	3 40	Acier bon à la forge; le moiré est fin, pareil à celui du Khorassan.
89	Fer tordu. Érable.	20 40 96	3 40	L'essai a incomplètement fondu; l'acier qu'on en a obtenu s'est laissé forger. Son moiré est pareil à celui du Cham.
90	Fer tordu. Érable coupé sur un arbre vert.	20 40 96	3 40	L'acier se comporte bien à la forge. Il rappelle par son moiré le Khorassan. Le culot et les bords du crouset étaient recouverts de scories couleur hyacinthe. L'extrémité inférieure du culot a servi à préparer deux lames damassées, qui ont été présentées au département des Mines et Salines. Les deux lames présentaient un moiré assez pareil et bien marqué. On eût dit à les voir des lames de Khorassan. Le fond en était d'un gris clair et pur.
91	Fer tordu. Érable.	2 40 96	3 35	L'acier ne s'est pas forgé.
92	Fer tordu. Érable.	20 40 96	3 35	L'acier se comporte bien à la forge. Le moiré de l'extrémité inférieure est pareil à celui du Khorassan; le fond en est plus foncé que dans l'essai précédent. <i>Il résulte des essais n^{os} 79-92 : 1^o que l'érable est plus apte à produire le moiré que le pin, mais que les damas ainsi obtenus n'avaient pas encore toutes les qualités des damas véritables; 2^o qu'ils le cédaient en dureté, même à l'acier fondu ordinaire, mais qu'ils avaient plus de corps et de malléabilité que ce dernier.</i>
93	Fer tordu. Fleurs diverses.	20 40 96	3 40	L'acier s'est bien forgé; le moiré est pareil à celui du Khorassan, mais plus brillant que les précédents. Des rasoirs faits avec cet acier ont pris un moiré marqué, analogue à celui du Cham, mais mis à l'épreuve, ils ont été trouvés inférieurs aux rasoirs anglais.

N ^o des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
94	Fer tordu. Sile de poêle.	20 $\frac{22}{98}$	3 25	Le moiré est longitudinal et sans netteté.
95	Fer tordu. Farine de seigle.	20 $\frac{22}{98}$	3 25	L'acier s'est forgé lentement. Le fond du métal est foncé, ses moirés rares et indistinctes, assez analogues toutefois à celles du Khorassan.
96	Fer tordu. Bois de galac.	20 $\frac{22}{98}$	3 40	L'acier est difficile à forger, très-dur; son moiré est fin, terné, et sans beauté.
97	Fer tordu. Bois de galac.	20 $\frac{22}{98}$	3 40	L'essai imparfaitement fondu. Le moiré est terné, analogue à celui du Khorassan.
98	Fer tordu. Bois de bouleau vert. . . .	20 $\frac{22}{98}$	3 45	L'acier s'est bien forgé. Le moiré est pareil à celui du Khorassan fin.
99	Fer tordu. Riz.	10 $\frac{22}{98}$	3 00	L'acier s'est bien forgé; le fond est de couleur foncée; le moiré pareil à celui du Khorassan, mais assez confus.
<i>Substances animales.</i>				
100	Fer tordu. Corne.	10 $\frac{22}{98}$	"	L'acier se forge lentement; le fond est de couleur foncée; le moiré pareil à celui du Khorassan.
101	Fer tordu. Corne.	10 $\frac{22}{98}$	"	L'acier est très-difficile à forger; le fond est très-foncé; les moirés assez larges, mais rares.
102	Fer tordu. Corne brûlée. Battitures.	10 $\frac{22}{98}$ $\frac{22}{98}$	"	L'acier est difficile à forger; il se gerce vers la fin du travail; il ne manifeste point de moiré.
103	Fer tordu. Ivoire.	10 $\frac{22}{98}$	"	L'acier se comporte bien à la forge; le résultat de l'essai est le même qu'avec la corne.
<i>Fonts de fer.</i>				
104	Fer. Fonte. Flux avec battitures. . . .	16 4 4	3 35	L'acier a été coulé dans le moule; il s'est montré facile à forger, mais cassant à froid. Les ciseaux faits avec cet acier s'émoussent.
105	Fer. Fonte. Flux avec battitures. . . .	20 5 4	3 00	L'acier a fondu rapidement, mais ne s'est pas forgé.
106	Fer. Fonte de 2 ^e fusion. Flux avec battitures. . . .	16 4 4	4 30	L'acier a été long à fondre; il s'est faiblement forgé. Les ciseaux faits avec cet acier sont assez formes.

N ^{os} des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids,	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
	<i>Substances minérales.</i>			
107	Fer tordu. Graphite pulvérisé, de médio- cre qualité. <i>Creuset ouvert.</i>	5 $\frac{1}{2}$	2 00	L'acier s'est bien forgé. On sentait en le travaillant une odeur de soufre. L'extrémité inférieure du culot avait des dessins pareils à ceux du vrai Khorassan ; cette partie a été convertie en lame, et on a eu soin en la forgeant de conserver le moiré. Cette lame est la première qu'on ait obtenue en véritable damas.
108	Fer tordu. Graphite du n ^o 107.	5 $\frac{1}{2}$	2 25	L'acier est pareil au précédent ; le moiré de dessous est meilleur que dans les premiers essais. On en a fait une seconde de lame de damas ; le moiré y était plus égal que dans la première.
109	Fer tordu. Graphite du n ^o 107.	5 $\frac{1}{2}$	2 45	L'acier a totalement fondu ; mais il s'est forgé plus lentement que le précédent ; la lame faite avec la partie inférieure de la masse avait un moiré dont la disposition était la même et le fond un peu plus foncé, que dans l'essai précédent.
110	Fer tordu. Graphite du n ^o 107.	5 $\frac{1}{2}$	2 25	Le creuset s'est attaqué et le métal a coulé au feu ; le lingot qu'on a trouvé dans le fourneau n'était moiré que par places ; il a été impossible de le forger.
111	Fer tordu. Graphite trié dans un nouvel approvisionnement.	5 $\frac{1}{2}$	2 30	L'acier a bien fondu, mais ne s'est pas forgé.
112	Fer tordu. Graphite du n ^o 111.	5 $\frac{1}{2}$	2 25	L'acier a bien fondu, mais ne s'est pas forgé ; le graphite employé dans ces deux essais ne valait sans doute pas celui des essais n ^{os} 107-110.
113	Fer tordu. Graphite pilé et grillé. . . .	5 $\frac{1}{2}$	2 30	L'acier a fondu, mais ne s'est qu'imparfaitement forgé.
114	Fer tordu. Graphite pilé, grillé et tamisé.	5 $\frac{1}{2}$	2 25	L'essai n'a pas fondu.
115	Fer tordu. Graphite du n ^o 114.	5 $\frac{1}{2}$	2 25	L'essai a bien fondu ; l'acier est lent à forger. Il y a absence presque totale de moiré.
116	Fer tordu. Graphite du n ^o 114.	5 $\frac{1}{2}$	2 30	L'essai n'a pas fondu, quoiqu'il soit resté longtemps au feu.
117	Fer tordu. Graphite du n ^o 114. Sable quartzeux.	5 $1\frac{1}{2}$ $\frac{6}{25}$	2 30	L'acier s'est bien forgé ; il était tendre, mais presque dénué de moiré.

N° des essais.	COMPOSITION. des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
118	Fer tordu. Graphite du n° 114. Sable quartzeux.	6 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{16}$	3 00	L'acier a complètement fondu; il s'est très-bien forgé; le fond est de couleur foncée, mais sans moiré. J'ai diminué la proportion de graphite, présumant que l'exces de cette substance destiné à faire office de couvercle pouvait nuire, en raison de son impureté, à la qualité de l'acier.
119	Fer tordu. Graphite du n° 114.	5 $\frac{1}{16}$	"	L'essai a fondu sans résidu de graphite; l'acier s'est bien forgé, mais n'a pris qu'un très-faible moiré.
120	Fer tordu. Graphite n° 114.	5 $\frac{1}{16}$	2 00	L'essai a incomplètement fondu.
121	Fer tordu. Graphite du n° 114. 1834.	5 $\frac{1}{16}$	1 40	On a fondu sans couvercle. Le moiré est faible et inégal.
122	Fer tordu. Graphite provenant d'un nou- vel approvisionnement. . .	5 $\frac{1}{16}$	2 15	L'acier s'est bien forgé; le moiré est faible.
123	Fer tordu. Graphite du n° 122. Sable quartzeux.	5 $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{16}$		L'acier ne s'est pas forgé, ce qui a été attribué à la mauvaise qualité du nouveau graphite.
124	Fer tordu. Graphite de Miassk.	5 $\frac{1}{16}$	2 30	On a fondu sans couvercle; l'essai a complètement fondu; l'acier s'est bien forgé; le moiré est longitudinal et peu marqué.
125	Fer tordu. Graphite de Miassk.	5 $\frac{3}{16}$	2 25	L'acier est lent, mais meilleur à forger que le précédent; le moiré de l'extrémité inférieure est fin et pareil à celui du Khorassan. On en a fait une lame d'un bon moiré.
126	Fer tordu. Graphite de Miassk.	6 $\frac{1}{4}$		L'acier ne s'est pas forgé; on l'a refondu à creuset fermé dans l'essai suivant.
127	Acier provenant de l'essai n° 126.			On trouve, en cassant le creuset, un peu de scories autour du culet. L'acier s'est forgé lentement. La lame faite avec sa partie inférieure se rapprochait du Khorassan par le fond et les dessins, mais ces derniers étaient beaucoup plus fins que ceux du Khorassan. Un couteau fait avec ce damas l'emportait sur l'acier fondu, et par la vivacité et par la solidité de son tranchant.

N ^{os} des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
128	Fer tordu. Graphite de Miassk.	5 5	2 15	L'acier s'est bien forgé; son moiré est pareil à celui du Khorassan. On en a fait une lame qui a conservé ce moiré. Le fond est foncé, a reflet bleuâtre. Le métal est devenu à la trempe plus dur que l'acier fondu. <i>Il résulte de ces essais, que la qualité du damas, toutes circonstances égales d'ailleurs, dépend de la pureté du graphite.</i>
129	Mineral de fer grillé. Graphite impropre à la carbonisation directe du fer.	$\frac{3}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 40	Une partie des scories a coulé au feu, mais j'ai obtenu un acier qui s'est trouvé être du damas à moiré longitudinal, malléable.
130	Mineral. Graphite du n ^o 129.	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 25	Les scories ont coulé au feu, mais j'ai recueilli une partie du métal.
131	Les deux produits ci-dessus, refondus à creuset fermé.		1 15	Le métal est malléable; un couteau fait avec cet acier a manifesté un moiré longitudinal.
132	Mine de fer magnétique, non grillée, provenant des dépendances de l'usine de Koussinsk. Graphite de Miassk.	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 20	Un couteau fait avec l'acier de cet essai s'est trouvé, après décapage, être de très-bon Khorassan. <i>Quelque séduisant que soit ce procédé, il a été abandonné comme trop dispendieux; il exige l'emploi des meilleures qualités de minerais et de graphite.</i>
133	Mineral de fer. Graphite à crayons.	12 8	3 00	L'essai n'a pas fondu.
134	Fer. Mineral. Graphite.	20 5 5	4 30	<i>Idem.</i>
135	Mineral de fer. Graphite. Flux calcaire.	12 8 1		La fonte a été opérée dans un grand creuset couvert. Le culot ne s'est pas forgé.
136	Batitures. Graphite. Flux.	10 5 1		On a obtenu environ 2 liv. (0 ^k .82) de damas, qui ne s'est pas forgé, dont le moiré était distinct et le fond gris, grossier.
137	Mineral de fer. Graphite. Fraisil. Flux.	10 5 2 1		Le culot pesait 3 $\frac{1}{2}$ liv. (1 ^k .43). Son moiré était excessivement fin. Il s'est cassé au premier coup de marteau; il avait dans sa cassure les caractères de la fonte blanche. On ne peut donc obtenir d'acier malléable en mêlant au mineral de fer du charbon de bois. On a donné autant de vent dans ces essais que dans la fabrication

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
	1836.			de l'acier; le ventilmètre à mer- cure indiquait $\frac{1}{2}$ po. (0 ^m ,019) près de la base, qui avait 1 verch. (0 ^m ,04) d'ouverture.
138	Fer de Taguilsk. Graphite de creusets. Quartz.	15 $\frac{1}{96}$ $\frac{1}{96}$		Le coulet a d'abord été fondu au marteau, dans tous les sens, puis coupé en trois parties. Chacune de ces parties a été forgée à part. Les lames qu'on en a fabriquées avaient le moiré du Cham.
139	Fer de Taguilsk. Graphite. Quartz.	12 $\frac{1}{96}$ $\frac{1}{96}$		L'acier s'est bien forgé et coupé; les lames qu'il a fournies étaient un Khorassan passable, à moires moyennes. Je remarquai en répétant ces essais, que les creusets de l'assay sont faits avec des graphites de qualité variable. J'arrêtai mes es- sais, attendant une occasion de me procurer de meilleur graphite et le remplaçai jusque-là par des crayons ordinaires.
	1837.			
140	Fer de Taguilsk. Crayons.	10 $\frac{10}{96}$	3 00	L'essai n'a pas entièrement fondu; l'a- cier s'est forgé nettement; le moiré était analogue à celui du Khoras- san, mais faible; le fond avait une teinte foncée.
141	Fer tordu. Sûle de poêle (procédé de M. Bréant)	5 $\frac{5}{96}$	1 45	Le creuset a été recouvert d'un cou- vercle; l'acier a parfaitement fon- du, s'est bien forgé, a montré à son extrémité inférieure un moiré à peine visible, est devenu tendre après la trempe.
142	Fer tordu. Sûle.	5 $\frac{5}{96}$	1 45	Acier bon, mais lent à forger; son extrémité inférieure était couverte de moires distinctes, longitudina- les, mais trop foncées.
143	Fer tordu. Sûle. Graphite.	5 $\frac{5}{96}$ $\frac{5}{96}$	2 05	L'acier s'est bien forgé; les moires formées sur son extrémité infé- rieure, sont distinctes quoique fines, longitudinales, plus claires que les précédentes; le fond est clair; cet acier ne durcit pas à la trempe.
144	Fonte tendre. Fonte crue.	2 $\frac{1}{96}$	1 30	L'acier a bien fondu, mais s'est fon- du aux premiers coups de marteau.
145	Fer de Taguilsk. Graphite. Minéral de fer.	10 1 $\frac{11}{96}$	3 20	L'essai a coulé au feu; j'ai dû, en conséquence, diminuer la propor- tion du minéral.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
146	Fer de Taguisk. Graphite. Mineral de fer grillé.	10 $\frac{4}{10}$ $\frac{9}{10}$	3 30	L'essai a presque totalement fondu ; mais il ne s'est pas formé de moiré.
147	Fer de Taguisk. Graphite. Mineral de fer grillé.	10 $\frac{4}{10}$ $\frac{9}{10}$	3 45	L'acier s'est bien forgé, mais n'avait point de moiré. Le fond était de couleur foncée. La substitution du mineral au quartz n'a pas eu de succès : il a fallu y renoncer.
148	Fer de Taguisk. Graphite. Quartz.	10 $\frac{4}{10}$ $\frac{9}{10}$	3 40	L'acier a bien fondu ; il s'est forgé lentement ; les lames qu'on en a faites étaient du damas dit Koum-Gouldui.
149	Fer tordu.	10	3 15	La fonte a été faite sans couvercle jusqu'à complète liquidité. L'acier ne s'est pas laissé forger.
150	Produit de l'essai n° 149. Battitures.	10 $\frac{1}{7}$	3 00	L'opération a été conduite à creuset fermé. L'extrémité inférieure du lingot s'est assez bien comportée à la forge ; le reste s'est gercé. Cette extrémité rappelait le Kara-Khorassan à grandes moires.
151	Fer. Battitures.	40 2	3 20	Le creuset s'est attaqué et le métal a coulé au feu.
152	Produit de l'essai n° 151. Battitures.	15 $\frac{1}{4}$		L'acier s'est d'abord forgé, mais s'est ensuite couvert de gerçures ; quelques parties avaient le moiré du Kara-Khorassan ; le fond en était inférieur à celui du dernier essai.
153	Limaille d'acier. Battitures. Creuset fermé.	40 1	4 00	L'acier a fondu comme à l'ordinaire. On l'a coulé dans un moule. La barre d'essai ne présentait presque point de moiré et je n'ai point observé de différence entre cet acier et l'acier fondu ordinaire ; l'influence des battitures pour la production du moiré est donc annulée ou au moins diminuée par le moulage.
154	Fer de Taguisk. Graphite. Battitures.	12 $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$	4 30	L'essai n'a pas fondu, et l'on a retrouvé dans le creuset la presque totalité du graphite.
155	Fer de Taguisk. Graphite de bonne qualité (fragments de creusets) fon- cé en couleur, doux au toucher. Battitures.	10 $\frac{1}{2}$ 1	4 30	L'essai a incomplètement fondu. Il restait 1 liv. (0k.4) de graphite dans le creuset. La réduction de 1 liv. (0k.4) de battitures, et la carburation du fer ont donc consommé $\frac{1}{2}$ liv. (0k.2) de graphite. Mais comme la carburation du fer n'en exige pas plus de $\frac{1}{100}$, il en résulte que la réduction de 1 liv. (0k.4) de battitures en consomme 35 ²⁰¹ / ₁₀₀ ou 35 ⁰ / ₁₀₀ en poids ; il en faudrait peut-être même encore moins, si le graphite était pur.

N ^o (des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
156	Fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures.	10 1 1	5 00	L'essai a imparfaitement fondu. On a eu un résidu de $\frac{1}{2}$ liv. (0 ^k .2) de graphite. Le moiré ressemble au Khorassan faible. Il a fallu pour obtenir ce moiré consommer $\frac{1}{2}$ liv. (0 ^k .1) de graphite. <i>On voit par ces essais qu'on ne peut obtenir une fusion complète avec le graphite de creusets, sans addition de fondant. Cependant, les essais antérieurs ont appris qu'on n'obtient point de moiré avec le cristal de roche, et que le quartz calciné, s'il n'est point aussi inefficace, nuit du moins à la qualité du métal; je me décidai en conséquence à remplacer les débris de pierres de foyers par la dolomie.</i>
157	Fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures. Dolomie.	12 1 $\frac{16}{16}$ $\frac{16}{96}$	5 00	Le culot est recouvert de scories; le résidu de graphite est insignifiant. Le moiré rappelle celui du Taban inférieur. <i>Le vent a été plus fort qu'à l'ordinaire; au lieu de $\frac{1}{4}$ po. (0^m.019) le ventimètre indiquait 1 po. (0^m.025).</i>
158	Fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures. Dolomie.	12 1 $\frac{16}{16}$ $\frac{16}{96}$	5 00	L'acier rappelle le Taban par ses moires fines et régulières.]
159	Fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures. Dolomie.	12 1 $\frac{16}{16}$ $\frac{16}{96}$	4 50	Le damas n'est pas tendre, mais se forge parfaitement. Il reste $\frac{1}{2}$ liv. (0 ^k .2) de graphite, peu de scories. Le moiré est celui du Khorassan de bonne qualité.
160	Fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures. Dolomie.	10 1 $\frac{16}{16}$ $\frac{16}{96}$	5 00	Le culot est couvert de scories. Le résidu de graphite est de 48 zol. (0 ^k .2). L'acier se forge bien. C'est du Taban à moires fines.
161	Fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures. Dolomie.	10 1 + +	5 00	Il reste 48 zol. (0 ^k .2) de graphite. L'acier rappelle le Taban à moires fines. <i>Il résulterait des essais 160 et 161 que le carbone contenu dans le Khorassan et dans le Taban fin s'élève jusqu'à $3\frac{1}{2}\%$, en supposant toutefois que le graphite soit pur.</i>
162	Clous de fer de Taguisk. Graphite du n ^o 155. Battitures. Dolomie.	10 1 $\frac{16}{16}$ $\frac{16}{96}$	5 00	Acier doux à forger, moiré fin du Taban, résidu de $\frac{1}{2}$ liv. (0 ^k .2) de graphite.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
163	Fer de Taguisk. Graphite du n° 155. Battitures. Dolomie.	liv. 10 1 1 1	h. m. 5 00	L'acier est pareil au précédent pour le travail de la forge et pour le moiré; l'emploi du fer en parties toutes n'a donc eu, dans l'essai précédent, aucune influence sur la qualité de l'acier.
164	Fer de Taguisk. Graphite de Mlassk. Battitures. Dolomie.	10 10 10 10 96	5 00	Une partie de l'essai a coulé hors du creuset; le reste ne s'est pas forgé. L'acier rappelait le Taban à grandes moires. Le résidu de graphite est de 12 tol. (0 ^h , 05).
165	Produit de l'essai précédent. Graphite. Battitures. Dolomie.	12 12 12 12 96	4 00	L'acier ne s'est pas forgé. On a renoncé à cet essai.
166	Fer de Taguisk. Graphite. Graphite ayant déjà servi. Battitures. Dolomie.	12 12 12 12 12 96	4 45	Acier bon, mais lent à forger; moiré du Kara-Khorassan médiocre.
167	Fer de Taguisk. Graphite de creusets, provenant d'un nouvel approvisionnement. Battitures. Dolomie.	12 12 12 12 12 96	5 00	On a retiré du creuset : 12 $\frac{1}{2}$ liv. de damas, 12 $\frac{1}{2}$ liv. de graphite, 12 $\frac{1}{2}$ liv. de scories. Le damas était très-malleable et avait le moiré du Taban à moires moyennes.
168	Fer de Taguisk. Graphite du n° 167. Battitures. Dolomie.	12 12 12 12 12 96	4 50	On a retiré du creuset : 12 $\frac{1}{2}$ liv. de damas, 12 $\frac{1}{2}$ liv. de graphite, 12 $\frac{1}{2}$ liv. de scories. Mires moyennes de Taban; fond de teinte foncée.
169	Fer de Taguisk. Graphite du n° 167. Battitures. Dolomie.	12 12 12 12 12 96	5 00	Damas. 12 l. 36 z. Graphite. " 12 Scories. " 72
170	Fer de Taguisk. Graphite du n° 167. Battitures. Dolomie.	12 12 12 12 12 96	5 15	Damas. 12 l. 34 z. Graphite. " 16 Scories. " 72 Le damas s'est difficilement forgé, et présente des moires fines de Taban, avec fond de teinte foncée. Ces derniers essais montrent que plus la fonte dure longtemps et meilleur est le damas; mais il n'est pas toujours possible de faire durer l'opération plus de 6 heures, surtout quand le vent est fort.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
171	Fer de Taguilsk. Graphite du n° 167. Battitures. Dolomie.	12 1 16 96	5 30	L'acier s'est bien forgé; c'était un taban à moires moyennes. Les rasoirs d'essai ont été trouvés d'excellente qualité.
172	Fer de Taguilsk. Graphite du n° 167. Battitures. Dolomie.	12 1 16 96	5 30	Acier pareil au précédent pour le travail de la forge et la disposition du moiré.
173	Fer de Taguilsk. Graphite ayant déjà servi. Battitures. Dolomie.	12 1 16 96	5 30	Damas. 12 l. 36 z. Graphite. » 16 Scories. » 12 L'acier s'est difficilement forgé; le fond est de couleur foncée. Les moires sont rares, mais larges.
174	Fer de Taguilsk. Graphite ayant déjà servi. Battitures. Dolomie.	12 1 16 96	5 30	Damas. 12 l. 24 z. Graphite. » 16 Scories. » 78 Le fond est de couleur foncée, brillant; le reflet est doré; les moires sont fines. Le métal est doux à la forge, dur après la trempe. Il donne d'excellents rasoirs.
175	Fer de Taguilsk. Graphite ayant déjà servi.	12 1	5 30	Damas. 12 l. 24 z. Graphite. » 16 Scories. » 48 Acier très-dur à forger, comparable au médiocre Kara-Taban. On a supprimé le flux dans cet essai; le flux ajouté au vieux graphite augmente la liquidité et la masse des scories, lesquelles paraissent alors soustraire trop tôt le fer à l'action du graphite.
176	Fer de Taguilsk. Vieux graphite. Battitures.	12 1 1	5 30	Damas. 12 l. 48 z. Graphite. » 12 Scories. » 72 Le damas est un Kara-Taban à moires moyennes.
177	Fer de Taguilsk. Vieux graphite. Battitures. Dolomie.	12 1 1 96	5 30	Damas. 12 l. 24 z. Graphite. » 78 Scories. » 48
178	Fer de Taguilsk. Vieux graphite. Battitures.	10 1 1	5 30	Damas. 10 l. 48 z. Graphite. » 6 Scories. » 78 L'acier s'est forgé lentement, mais bien; c'est un Kara-Taban à grandes moires, supérieur à tous les Kara-Taban précédemment obtenus.

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h.	
179	Fer de Taguilak. Vieux graphite de creusets. Graphite de Miassk. Battitures. Fondant quartzeux.	12 1 1 1 1 16 90 1	5 00	<p>Il résulte de ces essais les conséquences suivantes :</p> <p>1. Plus la dépense en graphite est grande, plus on obtient de scories, et meilleure est la qualité du damas.</p> <p>2. On n'a pas besoin de flux avec le graphite qui a déjà servi.</p> <p>3. L'addition des battitures améliore la qualité du métal.</p> <p>L'acier s'est forgé assez lentement; il a fallu 6 chauffes pour le couper; il se coupe net. Le moiré est distinct, à grand dessin, analogue à celui du Kara-Taban. Une des lames faites de cet acier a été montée en sabre pour S. A. I. le grand duc Michel Pavlovitch.</p>
180	Fer de Taguilak. Graphite anglais. Battitures. Dolomie.	12 1 1 1 1 16 90 1	5 30	
181	Fer de Taguilak. Graphite anglais. Battitures. Dolomie.	10 1 1 1 1 16 90 1	5 30	
182	Fer ayant séjourné dans la terre. Vieux graphite. Battitures. Dolomie.	10 1 1 1 1 16 90 1	5 00	
183	Fer non fondu. Vieux graphite. Dolomie.	10 1 1 1 16 90 1	5 30	
184	Fer de Taguilak. Graphite. Battitures. Dolomie.	5 1 1 1 1 16 90 1	5 00	<p>L'essai a bien fondu; l'acier est très-difficile à forger et ne se coupe pas nettement; larges moirés de Kara-Khorassan.</p> <p>Les essais 182 et 183 prouvent que le vieux fer fond plus difficilement que le fer neuf, et que la suppression des battitures (essai 183) rapproche plus le moiré du Kara-Khorassan que du Taban.</p> <p>Le culot est recouvert d'une couche mince de scories. Il reste après la fusion $\frac{1}{2}$ liv. de graphite dans le creuset.</p>

N° des essais.	COMPOSITION des ESSAIS.	Poids.	Durée de l'opération.	OBSERVATIONS.
		liv.	h. m.	
185	Fer de Taguilak. Graphite. Battitures. Dolomie. Diamant pesant $\frac{1}{2}$ carat. . . .	5 <i>5 grammes</i>	5 00	<p>Le culot est recouvert d'une couche mince de scories; il reste $\frac{1}{2}$ liv. de graphite dans le creuset; l'examen le plus attentif du graphite et des scories ne peut y faire trouver la moindre trace de diamant; le diamant a donc entièrement passé dans le damas. Les résultats des deux essais 184 et 185 ont été opérés dans des conditions pareilles, sauf la présence du diamant dans le second; on a trouvé que le damas obtenu sans diamant se forgeait un peu plus facilement que le damas obtenu avec addition de diamant.</p> <p>En découpant à l'acide les objets fabriqués avec les deux aciers, on a trouvé que leurs moirés étaient identiques, mais que le fond du deuxième était un peu plus clair que celui du premier. Les lames faites avec l'un et l'autre de ces damas avaient l'aspect du Koum-Gowindé; les moirés et le fond étaient plus beaux dans la première que dans la seconde.</p>

Les damas que j'ai fait forger pendant le cours de mes essais, sous forme d'armes et autres objets, ont été soumis à l'approbation de l'administration et ont figuré en 1839 à l'exposition de Saint-Petersbourg.

NOTE ADDITIONNELLE.

L'acier damassé de Zlatooust est particulièrement doué de la propriété de s'aimanter, et de beaucoup supérieur sous ce rapport à toutes les autres sortes d'acier. Une aiguille cylindrique ayant 4 po. (0^m,10) de longueur et environ 3 lig. (0^m,006) d'épaisseur, ayant été trempée sans recuit et aimantée jusqu'à saturation, supportait un poids vingt fois plus grand que le sien. On a entrepris à l'observatoire magnétique de l'École des Mines une série d'expériences dont le but est de déterminer exactement la force magnétique du nouveau damas russe, l'influence de la température sur cette force, et en général la supériorité du damas de Zlatooust pour la fabrication des aiguilles des magnétomètres, et surtout des magnétomètres à deux fils.

HUPFER,
Membre de l'Institut.

FABRICATION DES CUIRASSES

A L'ÉPREUVE DE LA BALLE,

DANS LA MANUFACTURE D'ARMES DE ZLATOUST.

PAR LE LIEUTENANT-COLONEL AKHMATOFF.

A la suite du mauvais succès des essais faits à la manufacture d'armes de Sestroretzk pour la fabrication des cuirasses, notre ambassadeur à Paris fut chargé, par ordre de S. M. l'Empereur, d'engager un maître-ouvrier habile, qui pût introduire en Russie les procédés de cette fabrication. Un nommé Sprenger, maître-armurier de la fabrique d'armes de Klingenthal, fut en conséquence envoyé à Saint-Pétersbourg, avec mission d'essayer à l'usine de Sestroretzk un procédé dont il avait le secret, et sous les conditions suivantes :

- « 1. Sprenger prend l'engagement de diriger
» pendant une année, à partir du jour de son arrivée à Saint-Pétersbourg, la fabrique de cuirasses
» appartenant à la Couronne, et d'y enseigner l'art
» de les rendre à l'épreuve de la balle.
- » 2. Sprenger sera transporté à destination aux

» frais du gouvernement russe, avec ses effets et
» instruments francs de tous droits.

» 3. Il recevra dix francs par jour pour son en-
» tretien et autres dépenses pendant le voyage, jus-
» qu'au jour de son installation à la fabrique.

» 4. Il lui sera donné, depuis le jour de son ar-
» rivée à Saint-Pétersbourg et pendant la durée de
» ses fonctions, un logement convenable ou une
» somme d'argent proportionnée au prix de ce lo-
» gement.

» 5. Sprenger jouira de 4000 fr. d'appointements
» par an, à dater du jour de son entrée en fonc-
» tion; 1000 fr. seront payés d'avance, et le reste à
» raison de 250 fr. par mois.

» 6. Il recevra 7000 fr., à titre de gratification,
» pour l'importation d'un procédé inconnu en
» Russie, servant à rendre les cuirasses à l'épreuve
» de la balle. Cette somme de 7000 fr. lui sera re-
» mise immédiatement au bout d'un an. En cas
» de mort de Sprenger dans le courant de cette an-
» née, la moitié de la somme sera payée à sa veuve
» ou à ses enfants.

» 7. Sprenger laissant en France sa femme et
» deux enfants, recevra 500 fr. pour l'entretien de
» sa famille pendant son absence.

» 8. Sprenger ne s'engage à rester à la fabrique
» qu'une seule année, à l'échéance de laquelle on
» lui payera les 7000 fr. stipulés dans le paragra-

» phe 6. Son retour en France, le terme échu,
 » s'effectuera aux frais du gouvernement.

» 9. Sprenger ne connaissant ni les propriétés
 » des métaux, ni la qualité des bois ou des charbons
 » employés en Russie à la fabrication des cuirasses,
 » pourra, pour donner la preuve qu'il est en état de
 » satisfaire aux conditions de son contrat, apporter
 » avec lui 57 liv. (23¹/₂,33) de l'acier et du fer
 » qu'il emploie à Klingenthal.

» 10. Si Sprenger ne remplit pas les conditions
 » stipulées par le contrat, c'est-à-dire s'il ne par-
 » vient pas à préparer une matière propre à la fa-
 » brication des cuirasses à l'épreuve de la balle, il
 » n'aura droit à aucun des avantages stipulés pour
 » le cas de réussite. »

Ces conditions furent revêtues de l'approbation impériale; S. M. l'Empereur ordonna en outre de transférer la fabrication des cuirasses à la manufacture d'armes de Zlatoust, dans le cas où les essais faits à Sestroretzk établiraient l'efficacité du procédé de Sprenger. Mais à peine la Direction de l'Artillerie eut-elle pris ses premières mesures pour l'installation du travail à Sestroretzk, qu'elle reconnut l'impossibilité de satisfaire aux demandes de Sprenger sans une perte considérable de temps et d'argent, et proposa, pour éviter toutes difficultés, de confier l'essai du nouveau procédé à l'Administration des Mines qui, dans ce cas, devait être chargée de faire à Zlatoust tous les préparatifs nécessaires.

Cette modification avait besoin de l'agrément de Sprenger ; ce dernier consentit à aller à Zlatoust moyennant les conditions additionnelles ci-dessous :

« 1. Il lui serait permis de préparer à Sestroretsk, avant son départ pour Zlatoust, un échantillon de métal de cuirasse.

« 2. On lui payerait pour le voyage l'indemnité de poste et une voiture ; on lui adjoindrait un interprète sachant le russe et l'allemand.

« 3. Ses appointements seraient portés de 250 à 450 fr. par mois, et sa femme recevrait 2000 rbls en forme de subvention extraordinaire.

« 4. On lui allouerait 1500 rbls pour chaque élève qu'il aurait entièrement formé à l'exercice de son art, indépendamment des autres conditions stipulées dans le contrat. »

Un rapport fut présenté dans ce sens à S. M. l'Empereur, qui agréa la proposition de la Direction d'Artillerie, et ratifia les conditions additionnelles de Sprenger.

Sprenger arriva à Zlatoust au mois de décembre 1836. Huit cuirasses, qu'il y confectionna en premier lieu d'après un modèle étranger, ne présentèrent aucune gerçure ; elles pesaient 3 liv. (1^{re}, 23) de moins que le modèle, dont le poids s'élevait à 16 liv. (6^{re}, 55). Éprouvées à coups de fusil tirés à 20 sag. (42^m, 67) de distance, sept d'entre elles résistèrent à l'épreuve, et ne gardèrent que des empreintes de la profondeur d'une demi-balle ; la huitième, plus mince

que les autres, fut percée dans le bas à sa courbure. Deux des premières furent redressées et présentées à Sa Majesté, qui ordonna de les essayer en présence du régiment de cavalerie de S. M. l'Impératrice ; le commandant du régiment fit, à la suite de cet essai, un rapport où il exposait : 1° qu'aucune balle n'avait fait trou à la distance de 20 sag. (42^m,67), mais qu'à la distance de 40 sag. (85^m,34) une des cuirasses avait été percée en deux endroits ; 2° que la qualité et la dureté du métal étaient satisfaisantes, mais que le poids de ces cuirasses serait fatigant pour les soldats, vu que le devant des plus grandes cuirasses des Chevaliers-Gardes ne pesait, avec sa garniture de cuivre, que 10 $\frac{1}{2}$ liv. (4^k,30) ; tandis que les modèles de Sprenger pesaient sans garniture, l'un (celui qui avait été percé) 13 liv., 45 zol. (5^k,51), et le second 14 liv., 22 zol. (5^k,82). Sa Majesté fit, en conséquence, donner ordre à Sprenger de confectionner une série de cuirasses, pour grandes, moyennes et petites tailles, sur les modèles de la Garde et de l'armée, d'en faire dans le nombre deux ou trois avec garniture de laiton, et de ne point dépasser dans ses nouveaux échantillons le poids des cuirasses actuellement en usage dans nos armées, tout en leur conservant la dureté et la solidité des premiers modèles.

Conformément à ces instructions, Sprenger fit deux cuirasses de 10 liv. (4^k,09) et deux de 11 liv. (4^k,05) ; mais elles se laissèrent traverser à la balle.

L'acier employé jusqu'alors ne répondant point au but proposé, Sprenger fut invité à essayer de modifier la nature du métal et la qualité de la trempe. Mais la mort le surprit au milieu de ses nouvelles expériences; une maladie l'emporta dans le mois de janvier 1838.

Cependant l'apprentissage des ouvriers qui avaient travaillé sous sa direction était assez avancé pour que l'administration locale fût en état de continuer les essais. Le succès couronna ses persévérants efforts, et la fabrication des cuirasses à l'épreuve de la balle est aujourd'hui en pleine activité dans la manufacture d'armes de Zlatoust.

Les cuirasses sont divisées en treize numéros selon les tailles; à chaque numéro correspondent un poids moyen et une tolérance déterminée. Les cuirasses destinées aux plus grandes tailles doivent peser, devant, derrière et garniture en cuivre réunis, 22 liv., 86 zol. (9^k,37); les cuirasses destinées aux plus petites tailles, 16 liv., 64 zol. (6^k,82).

Le travail actuellement suivi consiste dans les opérations suivantes. 35 liv. (14^k,33) de bon acier brut, en barres épaisses de 1 po., 4 lig. (0^m,034), sont forgées en rubans qui n'ont pas plus de 1 lig. (0^m,002) d'épaisseur, et de 1 po., 4 lig. (0^m,034) de largeur. La même quantité de bon fer doux en barres de mêmes dimensions que celles d'acier brut, est également forgée en rubans, parfaitement pareils à ceux d'acier. Ces rubans sont tous coupés par bouts

de 12 verch. (0^m,58) de long. On en forme alors une trousse, en commençant par un ruban de fer, qu'on fait suivre d'un ruban d'acier, et ainsi de suite, jusqu'à une hauteur de $3\frac{1}{2}$ verch. (0^m,16), en terminant par un ruban de fer; une trousse ainsi formée contient d'ordinaire 25 rubans. On la chauffe jusqu'à fusion, sur une sole d'argile sèche pilée, très-pure.

Quand l'acier et le fer sont fondus en une seule masse, on porte cette masse sous le marteau et on la convertit en une plaque ayant $14\frac{1}{2}$ verch. (0^m,64) de long, $2\frac{1}{2}$ verch. (0^m,11) de large, $\frac{1}{2}$ verch. (0^m,0222) d'épais au milieu, et 5 lig. (0^m,0127) d'épais aux extrémités. Cette plaque pèse 24 liv. (9^k,82), le déchet étant de 1 poud, 6 liv. (18^k,83); elle suffit pour former les deux parties antérieures de la cuirasse.

Les plaques sont réchauffées et passées à un laminoir fait de manière que le milieu de la pièce ait $1\frac{1}{2}$ lig. (0^m,0037) d'épaisseur, et ses bords $\frac{1}{2}$ lig. (0^m,0019). Cette condition est de rigueur, car le milieu du devant de la cuirasse doit être plus épais que ses bords. Le laminage occasionne un déchet de 2 liv. (0^k,82), et on obtient une pièce de 22 liv. (9^k,00). On la dresse au marteau; on l'use sur une pierre à aiguiser mue par la roue hydraulique, afin de lui donner le poids et le calibre voulus; on la décape; on trace à sa surface, au moyen d'un patron, la forme de ses deux moitiés, et on

la découpe avec des ciseaux. Chaque pièce qui n'a point de gerçures est reconnue pour bonne, et envoyée à la presse où elle doit recevoir sa courbure. La plaque à courber est portée dans un four à réverbère, chauffée uniformément au rouge, et introduite dans une presse à fond courbe; deux coups d'un mouton en fonte pesant 50 pouds (819¹) suffisent pour lui donner la forme voulue; il faut chauffer pour chaque coup.

La cuirasse étant refroidie, on l'ébarbe avec de grands ciseaux, en ménageant 5 lig. (0",013) de marge pour former le rebord; on la chauffe de nouveau et on la porte sous une seconde presse, où on en relève les bords; une seule chauffe suffit pour cette opération.

La cuirasse est ensuite redressée au marteau sous la surveillance du vérificateur, et chacune de ses parties est mise de calibre, en longueur, largeur, profondeur et hauteur. Le vérificateur s'assure si le calibre voulu a été exactement observé, et dans ce cas appose son timbre sur la cuirasse, qui est alors remise au limeur.

Le limeur doit conserver exactement les dimensions de la cuirasse et maintenir ses rebords à la hauteur et à la profondeur les plus justes; il a soin de la redresser, si elle a été faussée par les vis entre lesquelles il a dû la serrer. La cuirasse limée est rendue au vérificateur, qui, après un nouveau contrôle, la repasse au trempéur.

Le trempneur chauffe uniformément la cuirasse, la trempe dans un bain d'huile de chènevis, la réchauffe et la passe sur la meule pour lui donner de l'élasticité. Cette opération déforme la pièce dans quelques-unes de ses parties; il faut l'examiner de nouveau, la retremper et la révéifier encore. On aplanit ses bosses au marteau, et on la remet à l'atelier de polissage, où elle reçoit définitivement la forme, le poli et le poids fixés par les règlements. Si le contrôleur la juge bonne, elle est mise à l'épreuve.

L'épreuve consiste à tirer sur la cuirasse, à 20 sag. (42^m,67) de distance, avec une balle en plomb de 6 zol. (0^k,03) et une charge de 2 $\frac{1}{2}$ zol. (0^k,011) de poudre. Il faut non-seulement qu'elle ne soit pas traversée par la balle, mais qu'elle n'éprouve même pas la moindre fente; si elle satisfait à cette condition on redresse la petite dépression laissée par la balle, et elle est définitivement acceptée.

Les cuirasses éprouvées sont classées en trois sortes : le unes sont laquées, les autres garnies en cuivre, et les troisièmes simplement polies, selon le régiment auquel elles sont destinées.

Les dos de cuirasse se fabriquent de la même manière que les devants, à cette différence près qu'ils sont plus légers, et que la quantité de fer et d'acier fondu nécessaire pour deux devants suffit pour trois dos. Leur fabrication comprend la même série

d'opérations, à l'exception de l'épreuve à la balle qu'on ne leur fait pas subir.

Le nombre des cuirasses rebutées est, malgré la nouveauté du travail, assez restreint et ne dépasse pas 20 p. %. On peut espérer qu'il diminuera encore, à mesure que les procédés deviendront plus perfectionnés et les ouvriers plus habiles.

Je ferai remarquer, pour terminer, que l'acier de cuirasses obtenu, de la manière que nous avons décrite, par la fusion d'un mélange d'acier brut et de fer, a été trouvé excellent pour la fabrication des sabres et des lattes d'officiers. Il fallait autrefois, pour donner au lames de fer un beau poli, les soumettre préalablement à la cémentation, et il était rare qu'elles sortissent de cette opération sans quelques taches noires. Aujourd'hui, les lames faites avec l'acier de cuirasses sont d'une nuance parfaitement pure, et prennent sans cémentation un magnifique poli.

PRÉPARATION

DE L'ACIER DAMASSÉ EN PERSE.

(PLANCHE V, FIG. 3, 4, 5, 6, 7 ET 8.)

PAR LE CAPITAINE EN SECOND MASSALSKI.

La proportion des éléments constitutants de l'acier damassé varie suivant la qualité des métaux qu'on emploie à sa préparation. Ces métaux sont : le fer, la fonte et un peu d'argent. Le premier doit être vieux, déjà travaillé (clous, tôles, etc.), mais exempt de rouille. Il faut choisir la fonte parmi les meilleures qualités de fonte blanche. L'argent doit être d'une très-grande pureté. La proportion ordinaire est 1 de fonte sur 3 de fer en poids.

Après avoir réduit le fer et la fonte en petits morceaux, et fait du tout un mélange aussi exact qu'il est possible, on introduit ce dernier dans des creusets réfractaires (Pl. V, fig. 3), dont la hauteur, le diamètre supérieur et le diamètre inférieur sont respectivement dans le rapport des nombres 5, 4 et 3. La dimension des creusets dépend de la

quantité de métal qu'on veut préparer. Cette quantité est d'ordinaire en Perse de $\frac{1}{4}$ à 1 *bacheman* [le *bacheman* équivalait à 6 liv. (2^k,46)]; le fond du creuset est légèrement concave. Le mélange à fondre occupe le tiers de la capacité du creuset.

Le fourneau de fusion se compose (Pl. V, fig. 4 et 5) d'une caisse cubique en briques ABCD, à fond plat et aux quatre coins de laquelle on laisse des ouvertures C, destinées à recevoir les buses de soufflets; une porte réservée au milieu de l'un des côtés de la caisse, permet de charger du charbon, si on en voit le besoin, pendant la durée de l'opération. La caisse est traversée par un double fond en briques *mn* percé de trous ronds *o*, dont le diamètre égale le diamètre du creuset pris aux $\frac{3}{4}$ de sa hauteur. Ce double fond est maintenu dans la caisse à l'élévation nécessaire au moyen de pieds *p* en fer ou en briques. Il est d'ordinaire placé aux $\frac{3}{4}$ de la hauteur de la caisse ABCD. Les trous *o* sont pratiqués de manière que les creusets se trouvent à 2 po. (0^m,051 l'un de l'autre); chacun de ces trous est entouré de quatre petits trous *q*, par lesquels la flamme traverse le fond *mn* et enveloppe ainsi les creusets de tous les côtés. Le four est fermé par un couvercle en fer ou en briques, enduit d'argile, que l'on manœuvre à l'aide d'un simple levier. Plusieurs trous pratiqués dans le couvercle donnent passage au courant d'air.

On verse d'abord dans le fourneau assez de char-

bon pour qu'il atteigne le fond des creusets ; on loge ces derniers dans les trous *o* du fond *mn* placé aussi horizontalement que possible, et l'on remplit exactement avec du charbon l'espace compris entre le fond *mn* et le couvercle du fourneau ; on lute soigneusement le couvercle avec de la terre glaise ; on met le feu aux quatre coins *C*, et on fait agir les soufflets. Quand le métal commence à fondre, ce qui a lieu au bout de 5 ou 6 heures, on entend un bouillonnement qui augmente à mesure que le métal fond, et cesse dès que la fusion est terminée. Dès que le bouillonnement a cessé, on enlève le couvercle ; on débarrasse les creusets du charbon qui les recouvre ; on introduit dans chacun d'eux 3 ou 4 zol. ($0^{\text{t}},013$ ou $0^{\text{t}},017$) d'argent divisé, on brasse rapidement avec une baguette métallique, on recouvre de nouveau les creusets de charbon ; on remet le couvercle ; on bouche tous les trous du fourneau avec de l'argile, et on laisse refroidir ce dernier pendant environ 3 jours.

Quand le fourneau est complètement refroidi, on sort les creusets, et on en retire les culots. Ces culots sont nettoyés et purgés des grains d'argent qui peuvent se trouver à leur surface. Ils constituent à cet état l'*acier de Damas*. Il ne reste plus qu'à en faire l'essai. A cet effet, on éprouve l'un d'entre eux. S'il ne manifeste qu'un faible moiré, la fonte est réputée mauvaise, et on l'améliore par le recuit. Cette opération s'exécute dans un fourneau à vent

ordinaire; on y aligne les culots par rangées espacées de 2 po. (0^m,051) et on les y chauffe au rouge clair; on les fait ensuite refroidir dans le fourneau même, si le culot d'essai ne porte que des traces de moiré, ou à l'air, si l'acier ne demande point un fort recuit.

Quand le moiré n'apparaît point encore d'une manière satisfaisante à la seconde épreuve, on pratique un second recuit, et ainsi de suite. Les fabricants avouent que tout dépend ici du hasard. On réussit parfois si mal, que la fonte entière ne fournit point un seul bon culot. Aussi le damas est-il assez cher. Un culot de 3 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,09) de diamètre peut coûter jusqu'à un ducat, et ne vaut jamais moins de 5 rbls.

Un bon culot doit avoir une surface unie, aussi peu caverneuse que possible. On n'y doit surtout voir ni aspérités, ni bosses; la présence de ces dernières annonce un métal mal fondu qui volera en éclats au premier coup de marteau.

Les culots de damas ont la forme de disques de diamètres différents, mais de $\frac{1}{2}$ po. (0^m,013) au moins d'épaisseur. Quand on veut en faire des lames, on les étend en barres, de manière à ce que la face de dessous du disque, qui est la plus unie des deux, forme le tranchant, l'autre face le dos, et la circonférence extérieure le plat de la lame.

Pour étendre ainsi un culot, on le place dans le foyer sur son dessus, et on le chauffe en le tournant

dans le feu jusqu'au rouge clair; cette chaude dure environ $7\frac{1}{2}$ minutes; on retire alors l'acier du feu et on le bat avec un marteau de 6 liv. ($2^k,45$), en lui donnant partout une épaisseur uniforme. Cette première façon demande beaucoup de soins. Si l'acier supporte les premiers coups de marteau, on est assuré du succès pour le reste du travail.

Sans laisser le temps au morceau d'acier de refroidir, on le remet au feu et on le chauffe un peu plus que la première fois; on commence alors à étendre la lame par la méthode ordinaire, en ayant soin de ne pas se tromper sur le côté destiné à former le tranchant.

Comme exemple de la facilité avec laquelle les culots de damas éclatent aux premiers coups de marteau, je citerai ce fait dont j'ai été témoin oculaire: sur six culots entièrement pareils, trois ont volé en éclats après la première chaude; les trois autres ont été étendus en $1\frac{1}{2}$ heure, en barres de 6 verch. ($0^m,27$) de long, de 1 verch. ($0^m,044$) de large, et de $\frac{1}{4}$ verch. ($0^m,011$) d'épaisseur.

On refroidit la barre peu à peu, en la tenant d'abord près du feu, et en l'en éloignant ensuite de plus en plus, jusqu'à ce qu'on puisse la tenir à la main; on en purge alors la surface du fer doux qui s'y est formé, d'abord avec une lime, puis avec un ciseau du meilleur acier anglais. Mais cette opération trompe souvent l'attente du fabricant, et il faut parfois, pour mettre à nu le damas, limer la barre

de manière qu'au lieu d'en tirer une lame, on n'en peut plus faire qu'un couteau.

On reconnaît que le fer doux a été entièrement enlevé de la barre, soit par la résistance qu'éprouve la lime, soit surtout par l'absence du lustre métallique du fer sur le fond sombre du damas. On peut encore polir une petite partie de la barre, la nettoyer avec de l'émeri et de la craie, l'essuyer à sec et l'enduire d'une dissolution de sulfate de fer ; si cet essai ne fait point apparaître de moiré sur la barre, on en conclut qu'il reste encore du fer à la surface de la barre. Pour décaper une barre polie, on prend un petit morceau de sulfate de fer en partie effleuri ; on le dissout sur le feu dans une petite tasse : une minute après, l'eau se teint en orange foncé ; on laisse un peu refroidir la dissolution, on y trempe un linge qu'on passe à plusieurs reprises sur la barre, et on finit en essuyant cette dernière.

Il se forme quelquefois tant de fer doux à la surface des barres, qu'on peut le couper par morceaux. Les barres prennent dans ce cas une forme très-irrégulière, et il faut beaucoup de main-d'œuvre pour les égaliser et les étendre en lame mince ; cette main-d'œuvre se donne d'ailleurs par le procédé ordinaire de la forge. On enlève ensuite une nouvelle fois le fer doux ; on réchauffe la barre, et on lui donne la forme de l'objet qu'on veut obtenir, en la maintenant à une forte chaleur rouge.

Si c'est un sabre qu'on veut faire, on n'avive que légèrement l'une des faces de la barre, et notamment celle qui doit former le dos du sabre. Il faut éviter les culots qui ont beaucoup de pores à leur surface supérieure; sinon ces pores forment sur le dos du sabre des trous profonds, que le fabricant sait assez bien boucher, mais qui diminuent de beaucoup la valeur du sabre. Les Persans bouchent ces trous en y enfonçant des aiguilles ordinaires; ils exécutent cette opération avec beaucoup d'adresse, mais sans grande solidité.

Quand la lame est refroidie, on la trempe dans de l'huile de chènevis bouillante; quelques armuriers y ajoutent un peu de graisse et de moelle. La cuve en bois qui contient cette huile, est assez grande pour que la lame y tienne facilement : on réchauffe l'huile en y plongeant deux ou trois morceaux de fer rouge. Pendant ce temps, on donne à la lame une chaude comprise entre le rouge et le blanc, et on la plonge ensuite dans le bain. On la tient à plat si c'est un poignard; si c'est un sabre, on le trempe peu à peu, en commençant par le bout du tranchant et en tenant ce dernier tourné vers le bain : on répète cette manœuvre jusqu'à ce que l'huile cesse de fumer, ce qui prouve que la lame est refroidie.

En sortant de la trempe, la lame est toujours souillée d'huile brûlée. On la débarrasse de ces souillures en la chauffant assez pour qu'elle allume un morceau de bois, et la frottant avec un chiffon de

drap; c'est aussi à ce moment qu'on en corrige les imperfections et qu'on la redresse, si elle est faussée. Après cinq ou six chaudes, la lame sort du feu tout à fait prête, c'est-à-dire qu'on n'a plus qu'à la nettoyer avec du sable, à la polir avec de l'émeri et à la moirer par le décapage dans le sulfate de fer.

Les outils dont se servent les Persans, sont très-simples, mais aussi très-incommodes; aussi rendent-ils le travail lent et par suite dispendieux. On emploie de préférence le charbon de bois dur. Pour donner au moiré de la lame une plus grande variété, on pratique à la lime sur la barre purgée de fer doux, et déjà amenée à une forme régulière, de petites entailles transversales qui n'ont pas plus de $\frac{1}{4}$ ligne (0^m,0005) de profondeur. La fig. 6, Pl. V, fait voir les diverses dispositions qu'on peut donner à ces entailles. On tâche de les faire tout à fait pareilles sur les deux plats. Ces entailles apparaissent plus tard, par la suite du travail, sous forme de raies transversales d'un éclat dur et vif.

M. le général-major Anocoff pense que cette main-d'œuvre a pour but d'imiter artificiellement les lames à dessins naturels, dont la fabrication serait aujourd'hui perdue. Mais les Persans ne connaissent point d'autre moyen pour faire les lames à dessins, et comme nous ignorons le procédé des anciens armuriers, il est fort probable que la méthode de ces derniers ne différerait point de la méthode

actuelle; il est d'ailleurs difficile de croire que les dessins si réguliers des anciennes lames de damas ne soient qu'un caprice du hasard.

Les armuriers emploient souvent les restes de sabres de vieux damas, pour en faire de neufs qu'ils vendent avec un grand bénéfice. A force d'être repassées, les lames finissent par s'user, deviennent trop étroites et perdent ainsi les trois quarts de leur valeur; ce sont ces vieux sabres qu'utilisent les armuriers habiles. A cet effet, ils les chauffent et les étendent en une mince lame ayant la largeur d'un bon sabre, et la longueur de deux; ils préparent ensuite une lame de fer ordinaire, la recouvrent exactement par la lame de damas, et soudent le tout ensemble. Un bon armurier exécute cette opération très-habilement; mais un examen attentif fait presque toujours reconnaître l'endroit où les lames d'acier sont soudées à la lame de fer.

Un bon damas doit avoir un moiré gros, foncé, uniforme et vif, à dessin transversal. Un bon sabre a environ deux doigts de large; il est lourd, sonore; son dos ne présente aucun trou bouché après coup; sa surface n'est maculée par aucun reste de fer doux; la lame a une épaisseur uniforme sur toute sa longueur.

APPENDICE.

Fabrication des canons de fusil à moiré rayé.

Il existait à Constantinople un armurier nommé Khadji-Moustapha, qui s'était rendu célèbre par

ANNÉE 1841.

20

son habileté à fabriquer des canons de fusil d'une remarquable solidité et d'un élégant moiré en relief. Ce genre de travail a été introduit en Perse, il y a environ 200 ans; voici en quoi il consiste.

On se procure de vieux fers à cheval; on les étend en barres de 2 lig. (0^m,0051) d'épaisseur; on soude ces barres par leurs côtés plats, de manière à en former une masse homogène ayant les dimensions suffisantes pour faire un canon de fusil, ou environ 1 po. (0^m,025) d'épaisseur, 3 po. (0^m,076) de largeur et 10 po. (0^m,254) de longueur. On refend cette masse dans le sens de la longueur en tiges qu'on amène par le martelage à avoir une épaisseur et une largeur de 3 lig. (0^m,0076), et une longueur de 13 ou 14 po. (0^m,33 ou 0^m,35) et qu'il s'agit ensuite de tourner en spirales. A cet effet, on fait d'abord rougir ces tiges sur un tiers de leur longueur. On place le bout rouge dans un trou *c*, d'environ 3 lig. (0,0076) de profondeur, pratiqué dans un disque en pierre *ab*, fig. 7, Pl. V, monté sur un axe en fer, comme une meule à aiguiser: cette pierre a environ 7 $\frac{1}{2}$ po. (0^m,19) de diamètre. Après avoir placé la tige dans le trou, on la saisit avec la pince au point où finit la partie rougie, et on fait tourner, au moyen du manche *f*, la pierre *ab* qui sert de volant dans ce mouvement de rotation; la partie rougie de la tige se tord alors en spirale; on fait rougir le second tiers de la tige, on le soumet à la même torsion que le précédent; et ainsi de suite, jusqu'à ce que toute la tige

ait pris la forme d'une spirale à grand pas qu'on aplatit ensuite un peu de deux côtés opposés sur toute sa longueur. Après avoir préparé de la même manière quatre ou cinq autres tiges, on les place l'une à côté de l'autre, en les réunissant par leurs côtés aplatis, sur une barre de fer qui a la longueur des tiges, $2\frac{1}{2}$ lig. (0^m,0063) d'épaisseur et 1 po. (0^m,025) de largeur; on les attache à cette barre en trois endroits au moyen de petits crampons en fer, et on tourne le tout en spirale autour d'une tige de fer, en enlevant les crampons à mesure que les spirales se soudent à la barre. La fig. 8, Pl. V, représente : en *a*, les tiges hélicoïdales placées sur la barre de fer *b*; en *g*, *h* et *f*, les trois premiers tours de la spirale. Une pareille spirale fournit ordinairement $\frac{1}{3}$ du canon de fusil; l'on soude ensuite ensemble les trois spirales, pour former le canon tout entier. Le travail exige beaucoup de patience et d'habileté, surtout pour la soudure des trois spirales; car de là dépend toute la solidité du fusil.

Quand le canon est tout à fait forgé, on l'achève par les procédés ordinaires. En Perse, on l'alèse à la main, de manière à ce que la barre de fer, formant la surface intérieure du canon, et à laquelle ont été soudées les tiges hélicoïdales, soit presque entièrement détruite par l'alésage.

Après avoir nettoyé le canon aussi bien que possible, on le décape extérieurement avec une disso-

lution de sulfate de fer, ainsi qu'on le pratique pour les lames de damas; on répète le décapage 3 fois en 24 heures, et il suffit de nettoyer de nouveau pour faire apparaître un fort moiré en relief.

Si le fer est de bonne qualité et le travail exécuté avec soin, les canons sont, tout en jouissant d'une grande solidité, assez minces pour résonner à chaque coup qu'on en tire.

Les Persans font quelquefois des canons de très-gros calibre : ceux des fusils destinés à l'armement des forteresses ont jusqu'à 16 lig. (0^m,0406); la barre de fer et les tiges qu'on y soude sont, dans ce cas, beaucoup plus fortes que celles dont nous avons donné les dimensions.

MÉLANGES.



ANALYSE

DE L'EAU MINÉRALE DE SERGUINSK.

PAR LE LIEUTENANT CHOUBINE.

La source minérale de Serguinsk est à quelques verstes de l'usine de Nijni-Serguinsk, et à 100 verstes environ d'Ekaterinbourg. Elle s'échappe du pied d'une montagne calcaire et va se perdre dans la rivière de Serga. L'eau de cette source est remarquable par ses propriétés médicales. Il y avait donc au point de vue thérapeutique un grand intérêt à en déterminer exactement les principes constituants.

L'eau que j'ai analysée m'a été envoyée dans des flacons hermétiquement fermés par des bouchons en verre, enveloppés de vessie. Je l'ai tenue pendant 36 heures à une température qui ne dépassait pas $+5^{\circ}$, pour qu'elle ne perdît rien de ses gaz.

L'analyse qualitative m'a fait connaître dans l'eau de Serguinsk l'hydrogène sulfuré, l'acide carbonique, la silice, les sulfates de chaux et de soude, les chlorures de magnesium et de sodium, et des matières organiques bitumineuses. Sa pesanteur spécifique atteint 1,0033.

Détermination des principes fixes.

Un kilogramme d'eau a été évaporé à sec; le résidu bien desséché pesait 7^{gr},3530.

Ce résidu a été arrosé d'alcool, dans un flacon à l'émeri, et abandonné à lui-même pendant 24 heures.

Après avoir filtré, et lavé la partie non dissoute avec de l'alcool, j'ai étendu d'eau la dissolution et l'ai posée sur un bain de sable pour en dégager l'alcool. Il s'est formé par l'évaporation un dépôt blanc, légèrement jaunâtre, composé de parties bitumineuses dissoutes par l'alcool; ce dépôt a été recueilli sur un filtre pesé d'avance, desséché et pesé.

J'ai versé dans le liquide filtré du carbonate d'ammoniaque, et, après avoir évaporé à sec, j'ai calciné la masse sèche dans un creuset de platine, jusqu'à cessation de dégagement de sel ammoniac. Il est resté dans le creuset du chlorure de sodium (Na Cl) et de la magnésie (Mg), qu'on a séparés en lavant la masse fondue à l'eau chaude. La magnésie a été recueillie sur un filtre, lavée avec de l'eau chaude, séchée, calcinée et pesée. Son poids m'a donné celui du chlorure de magnesium (Mg Cl). La dissolution de chlorure de sodium a été évaporée à sec, et le chlorure qui s'en est précipité,

calciné jusqu'à fusion dans un creuset de platine pesé d'avance.

La partie insoluble dans l'alcool, a été délayée dans une grande quantité d'eau, chauffée au bain de sable et filtrée; le filtre a été lavé à l'eau chaude et les eaux de lavage réunies, après rapprochement, à la dissolution filtrée; cette liqueur a été saturée d'oxalate d'ammoniaque et tenue dans un endroit chaud pendant 24 heures. L'oxalate de chaux a été recueilli sur un filtre, lavé à l'eau chaude, séché, chauffé et pesé. J'ai calculé le sulfate de chaux par le poids du carbonate ainsi obtenu. Le carbonate de chaux avait une légère teinte jaunâtre qui m'y fit soupçonner la présence d'une petite quantité de peroxyde de fer; je le traitai en conséquence par l'acide hydrochlorique très-faible, qui est sans action sur le peroxyde de fer calciné, et je défalquai le poids de ce dernier du poids du carbonate de chaux.

La dissolution, dont j'avais précipité la chaux, a été saturée de nitrate de baryte qui y a formé un dépôt de sulfate de baryte. Le poids de ce sulfate a donné la quantité d'acide sulfurique combiné à la chaux et à la soude.

J'ai versé dans la liqueur aiguisée d'acide nitrique du nitrate d'argent; le précipité de chlorure d'argent a été recueilli sur un filtre, lavé, calciné et pesé : son poids a servi à calculer celui du chlorure de sodium.

Le résidu, qui avait résisté à l'action de l'alcool et de l'eau, a été traité par l'acide hydrochlorique. La dissolution fut évaporée à sec, humectée d'acide hydrochlorique et reprise par l'eau; la silice non dissoute fut recueillie sur un filtre. J'évaporai de nouveau la liqueur, j'y ajoutai vers la fin du carbonate d'ammoniaque, et je poussai l'évaporation jusqu'à sec. La masse sèche fut calcinée; il resta dans le creuset du carbonate de chaux et du peroxyde de fer, qui furent pesés ensemble et séparés ensuite comme précédemment par l'acide hydrochlorique faible. Le peroxyde de fer ainsi isolé, fut recueilli sur un filtre, calciné et pesé; en ajoutant son poids à celui que j'avais déjà précédemment obtenu, je calculai le protocarbonate de fer. Quant à la dissolution de chaux, elle fut de nouveau traitée par le carbonate d'ammoniaque et évaporée à sec; la masse sèche de carbonate de chaux fut calcinée et pesée.

Détermination des gaz.

Après avoir versé dans un verre 500 grammes d'eau minérale, j'y ajoutai du chlorure de cuivre et recueillis sur un filtre le précipité de sulfure de cuivre; je le fis bouillir, sans le laver, avec de l'acide nitrique fumant qui le convertit en sulfate et je dosai l'acide sulfurique par le chlorure de barium.

Pour doser l'acide carbonique, je fis bouillir 200

grammes d'eau minérale dans une cornue munie d'un tube plongeant au milieu d'une dissolution étendue de chaux caustique. Le carbonate de chaux qui se forma par le dégagement du gaz fut laissé en digestion pendant 24 heures dans le flacon. Ce dernier était entouré de glace, pour éviter la précipitation de la chaux ; le carbonate de chaux fut ensuite filtré, lavé, calciné et pesé.

Les pesées directes de l'analyse des éléments fixes ont donné les résultats suivants pour les 7^{rs},353 de matière analysée :

Matières bitumineuses.	0,0155
Magnésie	0,0410
Chlorure de sodium.	0,0385
Carbonate de chaux.	0,1088
Peroxyde de fer.	0,0065
Sulfate de baryte.	0,4700
Chlorure d'argent.	16,2005
Carbonate de chaux.	0,2190
Peroxyde de fer.	0,0085
Silice.	0,0120

On en déduit la composition suivante :

Matières bitumineuses.	0,0155
Chlorure de magnésium.	0,0952
Chlorure de sodium.	6,6605
Sulfate de chaux.	0,1467
Sulfate de soude.	0,1056
Carbonate de chaux.	0,2190
Protocarbonate de fer.	0,0223
Silice.	0,0120
Total.	<u>7,2768</u>
Perte.	0,0762

L'analyse du gaz a donné :

Pour 500 grammes d'eau : 0,1140 de sulfate de baryte, d'où l'on déduit :

Hydrogène sulfuré. 0,0167

Pour 200 grammes d'eau : 0,1295 de carbonate de chaux, d'où l'on déduit :

Acide carbonique. 0,0566

De l'ensemble de ces résultats, on conclut que 100 parties d'eau minérale de Serguinsk sont composées ainsi qu'il suit :

Acide carbonique.	0,02830
Gaz hydrogène sulfuré.	0,00334
Principes fixes.	0,73530
Eau pure.	99,23366
	<hr/>
	100,00000

ANALYSE

**D'UNE SCHEELITE TROUVÉE DANS LES DÉPENDANCES
DES USINES D'EKATERINBOURG.**

PAR LE LIEUTENANT CHOUBINE.

Le capitaine au Corps des Mines, Karpinski 2^e a envoyé, en juillet dernier, au laboratoire un minéral qu'il a découvert dans l'arrondissement minéralogique de Bérézovsk. Ce minéral est renfermé dans une gangue de quartz. Il a une couleur jaunâtre, un éclat gras, et est transparent sur les bords; il est assez fragile. Sa pesanteur spécifique est de 6,0711; sa dureté tient le milieu entre celles de la chaux phosphatée et de la chaux fluatée. Il fond difficilement au chalumeau sur le charbon. Il se dissout assez facilement dans le sel de phosphore et y produit un verre incolore qui, à la flamme de réduction, devient bleu foncé.

Ces caractères sont ceux du tungstène; mais comme cette substance a toujours été très-rare jusqu'ici, et qu'on ne la connaissait même point encore en Russie, j'ai jugé à propos de faire l'analyse du minéral.

L'analyse qualitative m'y a fait reconnaître l'acide

tungstique, la chaux, la magnésie, et une trace insignifiante de silice.

Jusqu'à présent on n'avait point rencontré la magnésie associée au tungstène; quant à la silice, je ne la considère pas comme un des éléments constituants du minéral; je pense qu'elle ne figure ici que comme un mélange accidentel, d'autant plus que le minéral a pour gangue le quartz.

L'analyse quantitative a donné les résultats suivants :

			Oxygène.
Acide tungstique. . .	W	78,41	15,8596
Magnésie.	Mg	0,65	0,2515
Chaux.	Ca	18,28	5,4140
		<u>97,34</u>	5,5655

Ce qui conduit à la formule $(Ca, Mg) W$.

Sauf une petite quantité de magnésie, le minéral découvert par M. Karpinski 2^e est identique avec la schæelite ordinaire.

ANALYSE**DES PRODUITS DE LA FONTE DU CUIVRE AUX USINES
DE PERM.****PAR LE LIEUTENANT GROUBINE.**

*Analyse de la crasse obtenue dans l'affinage du
cuivre noir.*

J'ai fondu la crasse pulvérisée, avec du carbonate de potasse, dans un creuset de platine. J'ai dissous la masse fondue dans l'eau, puis dans l'acide hydrochlorique. La dissolution a été évaporée à sec, et la masse sèche, humectée d'acide hydrochlorique concentré, et abandonnée quelque temps à elle-même; j'ai repris par l'eau distillée et séparé la silice qui a été séchée, calcinée et pesée.

Je rapprochai, sur un bain de sable, le liquide filtré, et après y avoir versé de l'alcool, je le remis de nouveau sur le bain de sable pendant 24 heures. Cette addition d'alcool avait pour but de faire passer tout l'acide vanadique, qui se trouvait dans la dissolution, à l'état d'oxyde de vanadium et de m'épargner ainsi la peine de séparer plus tard le vanadium du cuivre, du fer et de l'alumine, ce qu'il m'eût fallu faire si ce métal fût resté dans la liqueur, partie à l'état d'acide, partie à l'état d'oxyde.

Après avoir traité la dissolution par un courant d'hydrogène sulfuré, je recueillis sur un filtre le dépôt de cuivre sulfuré qui s'était formé; ce dépôt fut lavé, dissous dans l'acide nitrique et précipité par la potasse caustique. L'oxyde de cuivre, ainsi obtenu fut lavé, séché, calciné, fondu avec un poids déterminé de phosphate acide de soude et pesé.

La liqueur dont j'avais séparé par filtration le sulfure de cuivre, fut traitée par un excès d'hydrosulfate d'ammoniaque, qui en précipita l'alumine et le peroxyde de fer, tandis que l'oxyde vanadique resta dans la dissolution avec la magnésie et la chaux. L'alumine et le fer furent recueillis sur un filtre, lavés avec une dissolution très-étendue d'hydrosulfate d'ammoniaque, dissous dans l'acide nitrique et précipités par l'ammoniaque. Ce dépôt d'alumine et de peroxyde de fer fut traité encore tout humide par une dissolution bouillante de potasse caustique, qui sépara le peroxyde de fer de l'alumine; le peroxyde de fer fut recueilli sur un filtre, lavé, séché, calciné et pesé, et l'alumine précipitée de la dissolution alcaline par le sel ammoniac.

Le liquide séparé du dépôt produit par l'hydrosulfate d'ammoniaque, fut traité par l'acide hydrochlorique et chauffé sur le bain de sable. Le sulfure de vanadium qui s'en précipita, fut recueilli sur un filtre, lavé avec de l'acide hydrochlorique,

séché, calciné dans un creuset de platine découvert et pesé.

La liqueur contenant la chaux et la magnésie, fut traitée, d'abord par l'ammoniaque caustique, puis par l'oxalate d'ammoniaque, et placée dans un endroit chaud pendant 24 heures. Le dépôt d'oxalate de chaux fut recueilli sur un filtre, séché, calciné et pesé. La liqueur contenant la magnésie fut traitée par une dissolution concentrée de carbonate de potasse jusqu'à disparition de toute odeur d'ammoniaque, évaporée à sec, reprise par l'eau chaude et filtrée. La magnésie recueillie sur le filtre, fut lavée à l'eau chaude, séchée, calcinée et pesée.

Voici les résultats de mon analyse :

		Oxygène.
Acide vanadique.	0,19	0,049
Silice.	29,85	15,500
Oxyde de cuivre.	1,33	0,286
Protoxyde de fer.	66,48	15,135
Alumine.	0,43	0,200
Magnésie.	0,37	0,143
Chaux.	0,91	0,255
	<hr/>	
	99,56	

On voit par ce calcul que la crasse analysée est un silicate tribasique de protoxyde de fer.

Analyse de la scorie obtenue dans le traitement de la fonte cuivreuse pour cuivre noir.

Le procédé que j'ai suivi dans cette analyse ne diffère du précédent qu'en ce que la matière pul-

vérisée n'a pas été fondue avec du carbonate de potasse, mais immédiatement dissoute dans l'acide hydrochlorique qui n'a point attaqué la silice.

Les résultats de l'analyse ont été :

		Oxygène.
Acide vanadique.	1,57	0,407
Silice.	18,15	9,428
Oxyde de cuivre.	0,40	0,080
Protoxyde de fer.	75,50	17,189
Alumine.	0,36	0,168
Magnésie.	1,03	0,388
Craux.	1,97	0,560
	<u>98,98</u>	

On voit par là que cette scorie (*) constitue un silicate sexbasique de protoxyde de fer et qu'elle a par conséquent les mêmes caractères que la crasse d'affinage.

Analyse de l'argile réfractaire de Nuirinsk.

J'ai fondu une quantité pesée d'argile pulvérisée, avec du carbonate de potasse et j'en ai séparé la silice par le moyen ordinaire. J'ai ajouté de l'ammoniaque à la dissolution et recueilli le précipité sur un filtre; ce dernier a été lavé, séché, calciné et pesé. Pour séparer l'alumine et l'oxyde de fer, j'ai

(*) On estime dans les calculs de l'usine que cette scorie contient au moins 1,5 % de cuivre à l'état de grenailles métalliques plus ou moins grosses. J'ai trié dans la poudre prise pour l'analyse toutes les grenailles visibles, et j'ai admis en conséquence que le cuivre trouvé dans l'analyse était à l'état de silicate.

fondu un poids connu d'argile avec de la potasse caustique dans une capsule d'argent, repris la masse fondue par l'eau, recueilli l'oxyde de fer sur un filtre, lavé à l'eau chaude, séché, calciné et pesé. La différence entre ce poids et le poids précédent a donné l'alumine. La dissolution d'ammoniaque contenant la magnésie et la chaux a été traitée par l'oxalate d'ammoniaque, et après avoir laissé au dépôt le temps de se déposer, je l'ai recueilli sur un filtre, lavé à l'eau chaude, séché, calciné et pesé.

La liqueur contenant la magnésie a été traitée par le phosphate de soude ammoniacal, et mise sur un bain de sable. Le biphosphate de magnésie et d'ammoniaque a été recueilli sur un filtre, séché, calciné et pesé à l'état de phosphate neutre de magnésie.

Cette analyse a donné les résultats suivants :

Silice.	72,85
Peroxyde de fer.	5,31
Alumine.	15,83
Magnésie.	4,05
Chaux.	2,75
	<hr/>
	100,79

La masse fondue avait une très-légère teinte bleu-verdâtre; j'en conclus qu'elle contenait une trace d'oxyde de manganèse qui avait échappé à l'analyse par la voie humide. C'est sans doute à cause de la quantité considérable de peroxyde de fer contenue dans l'argile de Nuirinsk, que les

fourneaux à cuve ne durent pas ici plus de six semaines et qu'il faut à chaque instant refaire l'emplacement où a lieu la fusion.

Analyse du sable de Nuirinsk, employé dans la composition de la brasque.

L'analyse a été faite de la même manière que la précédente; elle a donné les résultats suivants :

Silice.	96,12
Peroxyde de fer.	1,07
Alumine.	0,69
Magnésie.	0,46
Chaux.	0,33
Acide carbonique.	0,75
	<hr/>
	99,42

Analyse des scories obtenues dans la fusion simultanée des scories du traitement de la fonte cuivreuse et des scories de la fusion du minerai.

L'analyse de ces scories a été faite exactement comme celle de la crasse d'affinage; je me bornerai donc ici à en donner les résultats :

		Oxygène.
Acide vanadique.	1,30	0,337
Silice.	31,61	16,418
Oxyde de cuivre.	0,91	0,182
Protoxyde de fer	57,00	12,947
Alumine.	1,48	0,693
Magnésie.	1,58	0,611
Chaux.	4,24	1,190
	<hr/>	
	98,12	

Ces scories sont donc un mélange de silicate tribasique et de silicate sexbasique.

Analyse du cuivre affiné.

J'ai traité les lamelles de cuivre affiné par une dissolution de nitrate d'argent. Quand la réaction fut terminée, je décantai le liquide, recueillis le dépôt sur un filtre et le lavai avec de l'eau chaude. La liqueur filtrée fut traitée par un courant d'hydrogène sulfuré et le précipité qui s'y forma, recueilli sur un filtre, lavé et dissous dans l'acide nitrique. Cette dissolution ne contenait que du cuivre ; je l'évaporerai à sec, après y avoir d'abord ajouté un peu d'ammoniaque ; je calcinai le résidu de l'évaporation pour chasser les sels ammoniacaux, et je pesai l'oxyde de cuivre.

Je versai dans la dissolution traversée par l'hydrogène sulfuré, de l'hydrosulfate d'ammoniaque en excès, qui donna au liquide une couleur rouge. Je recueillis sur un filtre le sulfure de fer et le traitai par l'acide hydrochlorique ; j'ajoutai à cette dissolution un peu d'acide nitrique et la mis sur un bain de sable ; j'y versai ensuite de l'ammoniaque en excès et recueillis le dépôt d'oxyde de fer, qui fut séché, calciné et pesé. Je versai de l'acide hydrochlorique dans le liquide dont j'avais séparé le sulfure de fer, et recueillis sur un filtre le sulfure de vanadium qui fut lavé, séché calciné et pesé.

J'ai traité le précipité d'argent métallique obtenu au commencement de l'opération par l'acide nitrique, puis par l'acide hydrochlorique; le chlorure d'argent fut recueilli sur un filtre. Le liquide, séparé de ce chlorure, avait une couleur verdâtre; je le traitai par la potasse caustique et recueillis sur un filtre l'oxyde de cuivre que je lavai, séchai, calcinai et pesai.

L'analyse a donné les résultats suivants :

— Vanadium.	0,21
Protoxyde de cuivre.	1,41
Cuivre.	96,54
Fer.	0,78
	<hr/> 98,94

Analyse des scories provenant de la fusion simultanée des crasses d'affinage et des scories de la fusion du minerai.

L'analyse de ces scories a été faite comme celle de la crasse d'affinage; j'ai obtenu les résultats ci-dessous.

Acide vanadique.	0,95	Oxygène.	0,246
Silice.	38,13		19,808
Oxyde de cuivre.	0,61		0,122
Protoxyde de fer.	46,90		9,678
Alumine.	3,51		1,639
Magnésie.	3,00		1,161
Chaux.	5,63		1,581
	<hr/> 98,73		

Analyse de la matte de cuivre.

Quand on fond les minerais de cuivre de Perm, on obtient d'ordinaire du cuivre noir et de la fonte cuivreuse ; mais quelques variétés d'argile contiennent souvent du cuivre sulfuré , et on obtient en outre dans ce cas de la matte de cuivre. La quantité de cette dernière est toutefois tellement insignifiante, qu'on n'en obtient pas plus de 0,05 ÷ ou 2 liv. (0^k,82), par 100 pouds de minerai fondu.

Cette matte de cuivre contient beaucoup de cuivre métallique, ainsi qu'on peut le voir à sa cassure ; cependant sa pesanteur spécifique n'est que de 3,704.

L'analyse qualitative y a fait reconnaître du soufre, du vanadium, du silicium, du cuivre, du fer, de l'aluminium, du calcium et une certaine quantité de scories.

Procédant à l'analyse quantitative, j'ai traité un poids déterminé de matte pulvérisée, par l'eau régale, pendant plusieurs heures ; j'ai recueilli sur un filtre la partie non dissoute, et l'ai traitée par une dissolution de carbonate de soude, pour dissoudre la silice et la séparer des scories empâtées dans la matte.

La dissolution de métaux dans l'eau régale, traitée par un courant d'hydrogène sulfuré, a dé-

posé le cuivre, que j'ai ensuite dosé par les moyens ordinaires.

Le liquide, traversé par l'hydrogène sulfuré, a été saturé d'ammoniaque; j'y ai ensuite versé un excès d'hydrosulfate d'ammoniaque. L'alumine et le fer ainsi précipités ont été redissous dans l'acide hydrochlorique et séparés par la potasse caustique.

La dissolution précipitée par l'hydrosulfate d'ammoniaque, a été traitée par l'acide hydrochlorique, qui y produisit un dépôt de sulfure de vanadium. Je dosai la chaux et la magnésie restées en dissolution dans la liqueur.

J'ai dosé le soufre en traitant à part une quantité déterminée de matte pulvérisée, par l'eau régale bouillante, et précipitant dans la liqueur filtrée l'acide sulfurique au moyen du chlorure de baryum.

Les résultats obtenus par cette analyse ont donné pour 100 parties de matte de cuivre :

Soufre.	16,812
Vanadium.	0,592
Silicium.	0,470
Cuivre.	50,080
Fer.	28,081
Aluminium.	0,480
Magnesium.	0,367
Calcium.	0,607
	<hr/> 97,489

Analyse de la loupe cuivreuse.

Lorsqu'on traite la fonte cuivreuse provenant de la fusion des minerais, on obtient du cuivre noir et

des scories. Ces dernières ont la même composition que la crasse d'affinage; elles constituent un silicate de protoxyde de fer sexbasique, tenant en moyenne jusqu'à 1,5 % en cuivre; on les fond au fourneau à cuve et le cuivre qu'elles contiennent se concentre dans les loupes résultant de l'opération.

Ces loupes se composent de carbone, de vanadium, de silicium, de cuivre, de fer et d'aluminium; il s'y trouve en outre des traces de soufre, de magnésium et de calcium.

J'ai suivi par l'analyse quantitative la marche adoptée pour la crasse d'affinage. Je me suis servi, pour déterminer le carbone, d'une dissolution de nitrate d'argent, que j'ai décomposé par 5^{re} de loupe réduite en poudre fine. La réaction terminée, je recueillis le dépôt sur un filtre pesé, lavai, séchai et pesai. Je calcinai ensuite ce dépôt et après y avoir dosé les principes fixes, j'obtins le carbone par différence.

L'analyse m'a donné les résultats suivants :

Carbone.	0,73
Vanadium.	0,12
Silicium.	0,83
Cuivre.	19,90
Fer.	76,30
Aluminium.	0,43
Scories empâtées dans la loupe. . . .	3,33
Soufre.	} traces.
Magnesium.	
Calcium.	
	<hr/> 101,64

*Détermination du meilleur fondant à employer
dans la fusion du minerai.*

On est dans l'usage d'ajouter comme fondant au minerai de Perm, 30 : de sable de Gilinsk.

Le sable de Gilinsk vient de Koungour, à 100 verstes environ de Perm. Il se compose essentiellement de dolomie.

On trouve également des calcaires magnésiens dans les dépendances des usines de Iougovsk et de Motovolikhinsk, à 4, 7 et 12 verstes de distance, mais on ne les emploie pas comme fondants, quelque avantage qu'il y eût à les substituer en partie au sable de Gilinsk.

J'ai entrepris une suite d'essais pour reconnaître quel serait le meilleur fondant parmi les divers calcaires magnésiens, compris par leur composition entre les formules $(7\text{Ca}\ddot{\text{C}} + \text{Mg}\ddot{\text{C}})$ et $(\text{Ca}\ddot{\text{C}} + \text{Mg}\ddot{\text{C}})$.

J'ai choisi pour mes essais les minerais des mines de Voskressensk, de Novo-Baluikovsk et de Sviato-Troïtzk, et j'ai employé comme fondant un mélange de dolomie $(\text{Ca}\ddot{\text{C}} + \text{Mg}\ddot{\text{C}})$ et de marbre $(\text{Ca}\ddot{\text{C}})$, dont j'ai fait successivement varier la proportion. Le tableau suivant indique les résultats de mes expériences. Chacun des essais a été répété 3 fois; ils ont toujours donné des résultats concordants.

N° des essais.	COMPOSITION DES ESSAIS.			OBSERVATIONS.
	Mineral.	Marbre.	Dolomie.	
1	100	»	27,5	Scories identiquement pareilles à celles des fourneaux à cuve. Elles fondent assez facilement au chalumeau.
2	100	4,5	25,5	
3	100	13,5	13,5	Scories encore plus fusibles que celles du n° 2.
4	100	18,0	9,0	Scories fusibles, mais moins que celles du n° 1.
5	100	22,5	4,5	Scories pareilles aux précédentes, mais moins fusibles.
6	100	9,0	18,0	Scories un peu plus difficiles à fondre que celles du n° 3.
7	100	9,0	9,0	
8	100	6,0	12,0	Scories un peu moins fusibles que les précédentes.
9	100	12,0	12,0	Scories fusibles.
10	100	12,0	15,0	Scories plus fusibles que celles du n° 9.
11	100	12,0	18,0	Scories moins fusibles que celles du n° 10.
12	100	12,0	9,0	Scories très-peu fusibles.

Le meilleur fondant qu'on puisse donner aux minerais des usines de Perm, est donc un mélange se rapprochant de la composition ($2\text{Ca}\ddot{\text{C}} + \text{Mg}\ddot{\text{C}}$). Il ne reste donc plus qu'à faire l'analyse de tous les calcaires qui se trouvent dans la circonscription des usines, et à calculer ensuite dans quelle proportion on doit les mélanger avec le sable de Gilinsk. Mes expériences m'ont en outre fait voir qu'il ne faut que 27 % du fondant de la formule ci-dessus.

*Analyse du calcaire magnésien nouvellement
trouvé à 7 verstes de l'usine de Iougovsk.*

Ce calcaire se compose de carbonate de chaux, d'alumine, d'oxyde de fer, de silice, et d'une petite quantité de soufre. La moyenne de deux analyses a donné :

Carbonate de chaux.	} (2Ca Mg)C	88,8
Carbonate de magnésie.		
Silice, oxyde de fer, alumine et soufre. . . .		11,2

Cette dolomie serait sans doute un excellent fondant pour les minerais que j'ai expérimentés. Mêlée au minerai de Voskressensk dans la proportion de 27 %, elle a donné des scories très-fusibles ; mais n'en ayant que 7 zol. (0,103) à ma disposition, je n'ai pu déterminer si elle conviendrait à tous les minerais de la localité indistinctement.

ANALYSE**D'UNE SERPENTINE CRISTALLINE****DE LA MINÈ DE CUIVRE DE TALOVSK (ARR. DE KOLUIVANO-VOSKRESSENSK).****PAR LE LIEUTENANT IVANOFF.**

Cette serpentine se trouve en plaquettes rayonnées, de couleur vert-pomme pâle, disséminées à la surface de la xératite, associées à la pyrite cuivreuse et à la blende. Sa texture rappelle celle de l'asbeste dure ; son éclat est gras ; elle se divise facilement dans la direction des rayons ; réduite en poudre, elle est presque blanche. Chauffée dans un tube de verre, elle donne de l'eau qui n'est ni acide, ni alcaline. Au chalumeau, elle ne fond qu'à l'état de fibres déliées. Avec le sel de phosphore et le borax, elle fond en un globule laiteux couleur de lait ; elle produit avec la soude une masse d'un blanc terne. Sa pesanteur spécifique est de 2,55. Elle est composée de silice, de magnésie et d'eau, avec un mélange d'alumine, de chaux, de protoxyde de fer et de protoxyde de manganèse.

J'ai fondu le minéral, réduit en poudre et lavé, avec du carbonate de soude ; j'ai dissous la masse fondue dans l'acide hydrochlorique faible, évaporé à sec la dissolution, humecté la masse sèche d'acide

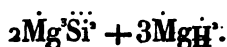
hydrochlorique, et repris par l'eau; la silice a été recueillie sur un filtre, lavée et pesée. J'ai précipité dans la dissolution séparée de la silice, l'alumine, le fer et le manganèse, au moyen de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Ce précipité a été redissous dans l'eau régale, et la dissolution saturée de potasse caustique, qui a précipité l'oxyde de fer et l'oxyde de manganèse en retenant l'alumine en dissolution. L'alumine a été précipitée de la dissolution rendue acide, au moyen de l'ammoniaque; quant aux oxydes de manganèse et de fer, ils ont été séparés par le succinate d'ammoniaque. Il restait à déterminer la quantité de chaux et de magnésie qui se trouvait dans la dissolution précipitée par l'hydrosulfate d'ammoniaque. A cet effet, cette dissolution a été saturée d'acide hydrochlorique qui en a séparé le soufre; et successivement traitée par l'oxalate d'ammoniaque qui a précipité la chaux, et par le carbonate de soude bouillant qui a précipité la magnésie.

J'ai déterminé l'eau de cristallisation, en calcinant le minéral dans un creuset fermé.

100 parties de la serpentine analysée sont composées comme il suit :

		Oxygène.
Silice.	= 40,80	21,190
Magnésie.	= 40,58	15,700
Protoxyde de fer.	= 2,20	0,249
Protoxyde de manganèse.	= 0,20	0,044
Chaux.	= 0,42	0,117
Alumine.	= 3,02	1,419
Eau.	= 12,02	10,660
	<u>99,24</u>	

L'oxygène de la silice est à celui de la magnésie, :: 2:1 $\frac{1}{2}$ et à l'oxygène de l'eau :: 2:1. Si l'on admet que les autres substances n'entrent pas dans la composition chimique du minéral, le rapport 2:1 $\frac{1}{2}$:1, ou 4:3:2, ou 12:9:6 conduit à une formule dont le premier membre est formé par les $\frac{2}{3}$ de la magnésie combinés avec la silice, et le dernier par le troisième tiers de la magnésie combiné avec l'eau, ce qui donne :



L'aspect particulier de ce minéral l'avait fait prendre pour une nouvelle espèce, et c'est pour m'en convaincre que je l'ai analysé; le résultat de l'analyse a prouvé qu'il n'est qu'une variété de serpentine, puisque sa composition a identiquement pour formule celle que Berzélius a trouvée pour la serpentine.

ANALYSE**D'UN CYMOLITE DU GOUVERNEMENT D'EKATERINOSLAV.****PAR M. ILIMOFF.**

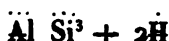
Ce minéral a été trouvé dans le gouvernement d'Ekaterinoslav, près du village d'Ekaterinovska (district d'Alexandrovsk), où il forme une couche assez considérable. Il se présente en masses compactes, irrégulières, de couleur blanche, traversées en quelques endroits par des veines d'oxyde de fer; sa cassure est inégale, un peu terreuse; il est opaque, un peu gras au toucher. Chauffé dans un matras, il dégage de l'eau ammoniacale, prend une teinte noire et augmente de compacité. Il ne fond pas au chalumeau. Plongé dans l'eau, il l'absorbe avec bruit, mais ne se ramollit pas. Sa pesanteur spécifique est de 2,277.

Légèrement mouillée, la poudre de ce cymolite donne une pâte liante; elle peut donc être employée à la fabrication de la porcelaine et de la faïence, et elle peut également remplacer l'argile à foulon.

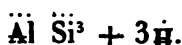
Deux analyses faites sur ce minéral ont donné les résultats suivants.

	1 ^{re} analyse.	2 ^e analyse.
Silice.	66,00	63,52
Alumine.	24,18	23,55
Eau.	9,47	12,10
Peroxyde de fer.	} traces.	traces.
Chaux.		
	<hr/> 99,65	<hr/> 99,17

La première analyse conduit à la formule :



et la seconde à la formule :



Le cymolite est donc un silicate d'alumine neutre. La première analyse n'a indiqué que 2 atomes d'eau ; la seconde en a donné 3. Cette différence provient probablement de ce que voulant dépouiller le minéral de son eau hygrométrique, je l'ai soumis la première fois à une température trop élevée. Je regarde donc la seconde analyse comme donnant la véritable composition du minéral, et j'ajoute d'autant plus foi à ses résultats qu'ils concordent parfaitement avec ceux de Klaproth.

KALIPHITE,**NOUVELLE ESPÈCE MINÉRALE TROUVÉE EN HONGRIE.****(PLANCHE V, FIG. 9.)****PAR LE LIEUTENANT IVANOFF.**

Ce minéral m'a été remis par M. Hess, membre de l'Académie, qui l'a reçu de M. Werth sous le nom de *kaliphite*. Il forme une masse brun foncé, non cristallisée, manifestant une tendance à la structure fibreuse; il est friable, se raye à l'ongle; sa poussière est brun rougeâtre; il est opaque, a un éclat résineux, se divise facilement dans la direction des fibres. Au chalumeau, il fond aisément: en un globule brun, sur le charbon; en un globule jaune verdâtre, avec le phosphate de soude. Fritté avec de la soude sur une lame de platine, il se fond en une masse de couleur verte, indice de la présence du manganèse. Chauffé dans un tube en verre, il dégage une quantité considérable d'eau, qui est sans action sur les papiers réactifs. Sa pesanteur spécifique est de 2,8.

Le kaliphite se dissout difficilement dans l'acide nitrique. L'acide hydrochlorique l'attaque au contraire très-rapidement, en dégage du chlore, et laisse

pour résidu des flocons blancs de silice qui, séparée de la dissolution et fondue avec du carbonate de soude, prend une couleur verte et contient par conséquent encore du manganèse. Pour obtenir la silice pure, on l'a dissoute dans l'acide hydrochlorique; la dissolution a été évaporée à sec, et la masse sèche humectée d'acide hydrochlorique et reprise par l'eau. La silice ainsi isolée contenait encore de l'acide titanique; car en la fondant avec le sel de phosphore à la flamme réductrice, on obtenait un régule de couleur améthyste, qui devenait incolore à la flamme oxydante.

La dissolution séparée de la silice et de l'acide titanique, ne précipitait pas par l'hydrogène sulfuré. L'hydrosulfate d'ammoniaque y a produit un abondant dépôt noir, contenant du fer, du manganèse, du zinc et de l'alumine. La liqueur séparée de ce dépôt a donné de la chaux et une quantité insignifiante de magnésie.

Éclairée par ces résultats, l'analyse quantitative a été conduite ainsi qu'il suit :

La silice et l'acide titanique ont été isolés par le procédé employé pour l'analyse qualitative. J'ai dissous ces deux substances dans l'acide hydrofluorique, chassé l'hydrogène fluorosilicé par l'acide sulfurique et évaporé la liqueur à sec; l'acide titanique est resté sous forme de poudre blanche; j'en ai déterminé le poids et j'ai calculé par différence celui de la silice.

La dissolution hydrochlorique a été saturée d'hydrosulfate d'ammoniaque, et le précipité que ce réactif y a formé, dissous dans l'eau régale. La dissolution dans l'eau régale a été traitée par la potasse caustique bouillante, qui en a précipité le fer et le manganèse à l'état d'oxydes. Ces derniers ont été séparés par le succinate de soude; quant au zinc et à l'alumine qui étaient restés en dissolution, je les ai séparés l'un de l'autre par l'ammoniaque qui précipite l'alumine et ne précipite pas le zinc dans une dissolution acide; j'ai obtenu le zinc par le carbonate de soude.

La chaux et la magnésie que l'hydrosulfate d'ammoniaque n'avait pas précipitées ont été séparées l'une de l'autre par l'acide oxalique.

On détermine ordinairement par calcination l'eau des minéraux, qui ne contiennent point de matières volatiles. Mais ce moyen n'était pas applicable au kaliphite qui renferme du peroxyde de manganèse, substance en partie réductible par la calcination. J'ai en conséquence employé l'appareil représenté par la fig. 9, Pl. V. *a* et *c* sont deux tubes renfermant du chlorure de calcium sec; *b* un tube recourbé dans lequel on chauffe le minéral pulvérisé avec une lampe à esprit-de-vin *f*. Au moyen de la pompe *d*, l'air atmosphérique passe d'abord par le tube *a*, où il se dépouille de son humidité, traverse ensuite le tube *b*, emporte l'eau dégagée par le minéral, et la dépose sur le

chlorure de calcium du tube *c*, qui a été préalablement pesé. L'augmentation de poids du tube *c* indique la quantité d'eau de cristallisation contenue dans le minéral.

Connaissant la quantité d'eau de cristallisation, on peut déterminer l'oxygène, en calcinant la poudre du minéral dans un courant d'hydrogène, lequel ramène les peroxydes de fer et de manganèse au premier état d'oxydation. Cependant, plusieurs essais répétés par ce procédé m'ont chaque fois donné des résultats différents; j'attribuai ces différences à l'insuffisance de la lampe à esprit-de-vin, pour réduire complètement le peroxyde de fer. J'employai donc un autre moyen : je pris du sel de phosphore fortement calciné au creuset de platine, et le fondis avec un poids déterminé du minéral. La fusion a été soutenue jusqu'au moment où la masse est devenue transparente et n'a plus perdu de son poids; les peroxydes de fer et de manganèse avaient été ainsi ramenés à l'état de protoxyde par l'acide phosphorique avec lequel ils forment des protophosphates. Ayant déterminé la perte de poids du minéral, perte qui comprenait l'eau et l'oxygène, il m'a suffi d'en déduire le poids d'eau précédemment trouvé, pour avoir celui de l'oxygène.

Défalquant de ce dernier la quantité nécessaire pour transformer le protoxyde de fer en peroxyde, j'ai ajouté le reste au protoxyde de manganèse et

déterminé ainsi le degré d'oxydation auquel ce métal est renfermé dans le kaliphite.

L'analyse de 2 grammes a donné :

Silice.	0,242	
Acide titanique.	0,024	
Peroxyde de fer.	0,576	
Oxyde rouge de manganèse.	0,494	
Carbonate de chaux.	0,091	Chaux. 0,051
Oxyde de zinc.	0,126	
Alumine.	0,012	
Magnésie.	0,014	

0^{re},894 de minéral contenaient 0^{re},170 d'eau et 0^{re},766 ont donné 0^{re},0647 d'oxygène.

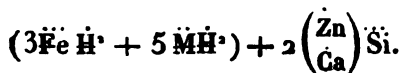
Il en résulte pour 100 parties, la composition suivante :

		Oxygène.
Peroxyde de fer.	28,80	8,831
Peroxyde de manganèse.	28,13	10,303
Eau.	19,01	16,890
Silice.	12,10	6,270
Oxyde de zinc.	6,30	1,250
Chaux.	2,55	
		8,85
		0,715
Acide titanique.	1,20	0,476
Alumine.	0,60	0,280
Magnésie.	0,70	0,270
	<hr/>	
	99,39	

Quand on fond 100 parties de kaliphite avec du sel de phosphore, il s'en dégage 8,44 d'oxygène; la quantité d'oxygène qu'il faut retrancher de 28,80 de peroxyde de fer pour ramener ce dernier à l'état de protoxyde est de 2,95; en déduisant cette quan-

tité du poids total de l'oxygène dégagé, il en reste 5,49 pour celle qu'a perdue le manganèse; mais comme ce dernier nombre est presque égal à l'oxygène du manganèse considéré à l'état de protoxyde, il s'ensuit que le manganèse doit exister dans le minéral à l'état de peroxyde.

Les résultats des analyses conduisent pour le kaliphite à la formule suivante :



En effet, l'oxygène du peroxyde de fer (lequel est en partie remplacé par l'acide titanique) est à celui du peroxyde de manganèse :: 9 : 10; la combinaison de 3 atomes de peroxyde de fer avec 5 atomes de peroxyde de manganèse peut donc former le premier membre de la formule. Les 16 atomes d'eau se répartissent naturellement entre les deux bases, en en donnant 6 au peroxyde de fer et 10 au peroxyde de manganèse. Quant à la silice, on doit supposer que sa combinaison avec la chaux et avec l'oxyde de zinc forme le second membre de la formule; son oxygène est à celui du peroxyde de fer :: 6 : 9, et à l'oxygène des bases avec lesquelles elle est combinée :: 6 : 2, ce qui conduit à admettre en présence de 3 atomes de peroxyde de fer l'existence de 2 atomes de silicate simple. Les 2 atomes de base contenus dans ce silicate simple sont formés par la chaux et par

l'oxyde de zinc, qui sont en partie remplacés par la magnésie, et qui peuvent en outre se remplacer l'un l'autre en vertu de leur isomorphisme. Cet isomorphisme est sans doute la cause des différences que présentent les résultats directs obtenus par l'analyse quantitative, et les poids déduits de la formule théorique. Ces différences sont d'ailleurs fort peu considérables ; car d'après la formule théorique, 100 parties de ce kaliphite contiennent :

Peroxyde de fer.	28,79	
Peroxyde de manganèse. .	30,96	
Eau.	18,98	
Silice.	12,49	
Oxyde de zinc.	5,31	} 9,06
Chaux.	3,75	
	<hr/>	
	99,97	

L'accord de ces nombres avec les résultats de l'analyse démontre que la formule proposée est l'expression fidèle de la composition du minéral.

EXPLICATION

A L'APPUI

D'UNE CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RUSSIE D'EUROPE.

(PLANCHE VI.)

PAR LE LIEUTENANT-COLONEL HELMSEN.

En publiant la carte qui fait l'objet de ce mémoire, je me suis proposé, d'une part, de donner un aperçu général de la constitution minérale de la Russie, et de l'autre, d'indiquer les lacunes les plus importantes à combler dans la connaissance de ce vaste territoire. Les matériaux dont je me suis servi ont été recueillis dans divers écrits, soit russes, soit étrangers. Mais, parmi les nombreuses descriptions locales dont la Russie d'Europe a été l'objet, toutes n'établissent point avec certitude ni même avec une vraisemblance satisfaisante l'âge des terrains et leur ordre de superposition. J'ai cru, en conséquence, devoir faire un choix dans ces documents, et renonçant à donner la bibliographie complète de la géologie russe, je me suis imposé la loi de ne puiser qu'aux sources dignes de toute con-

fiance. Plusieurs auteurs que j'ai consultés ont entièrement laissé de côté les considérations conchyologiques; j'ai pu toutefois suppléer en partie à cette regrettable omission, à l'aide des riches collections de l'École des Mines de Saint-Pétersbourg. Ces collections formées d'échantillons recueillis dans toutes les parties de l'Empire, ont acquis et acquièrent chaque jour un puissant intérêt, par les soins éclairés du général Tchevkine.

La carte que nous présentons n'est encore qu'une esquisse; elle mérite, à ce titre, toute l'indulgence de la critique. Puissions-nous voir dans un prochain avenir ses erreurs redressées, et son cadre étendu!

La Russie d'Europe peut être considérée comme un grand bassin formant un triangle équilatéral borné: au S.O. et au S., par les montagnes de la Pologne, les Carpathes, les collines du Donetz et le Caucase; à l'E., par la chaîne de l'Oural; au N.O., par les montagnes de la Scandinavie et de la Finlande. Ce vaste bassin est rempli par des dépôts fossilifères qui se poursuivent sur d'immenses espaces horizontalement ou avec une pente presque insensible. La constance d'allure et d'aspect de ces dépôts ne s'altère qu'aux approches des masses cristallines des chaînes de montagnes; car, si l'on observe des perturbations dans les terrains les plus anciens, et notamment dans le grès rouge, ces dérangements ne sont jamais qu'accidentels. La plus grande élévation qu'atteigne le sol de la Russie peut

s'évaluer en nombre rond à 1000 pieds de Paris. Cette cote de hauteur particularise la grande ligne de partage, qui s'étendant de l'Oural septentrional aux sources du Dniéper, parallèlement à la chaîne scandinave et perpendiculairement au Caucase et aux Carpathes, sépare deux grands bassins hydrographiques dont l'un, celui du nord, verse ses eaux dans la Baltique et dans la mer Blanche, et dont l'autre, celui du midi, porte les siennes à la mer Noire et à la mer Caspienne.

§ I. *Roches cristallines.*

La Finlande et les rives de la presqu'île de Kola n'ont jusqu'à présent offert aucune trace de terrain fossilifère, à l'exception toutefois de quelques dépôts de la formation la plus moderne, qui, d'après M. Eichwald, contiennent des coquilles d'espèces encore vivantes et se rapportent par la nature des débris organiques qu'il renferment au célèbre soulèvement des côtes de Suède (*). M. Engelhardt (**) est le premier qui ait donné une description géologique de la Finlande. Plus tard cette contrée fut

(*) Beiträge zur Kenntniss des russischen Reiches, par Bär et Helmersen. T. VIII.

(**) Darstellungen aus dem Felsgebäude Russlands. 1^{re} livr. Geognostische Umriss von Finland.

visitée par MM. Böhlingk (*), Sobolevski (**) et Hofmann (***). M. Böhlingk fit aussi le tour de la presqu'île de Kola; M. Schirokschin (****) décrit les rives occidentales de la mer Blanche; M. Engelmann (*****) explora les environs d'Olonetz, et M. Bouteneff (******) étudia les contrées situées au N. et au N.O. du lac Wug. Tous ces observateurs s'accordent à ne signaler dans les régions qu'ils ont parcourues que des roches cristallines (granite, diorite) et des schistes métamorphiques (gneiss, micaschiste, schiste amphibolique, quarzfels) et des grauwackes et schistes argileux sans fossiles (notamment sur le lac Onéga). MM. Böhlingk et Bär ont observé sur la rive méridionale de la presqu'île de Kola et à l'embouchure du golfe de Varang des grès à grain fin qui rappellent quelques-unes des variétés de notre vieux grès rouge, mais dans lesquels il n'existe aucun débris organique. MM. Böhlingk, Schirokschin et Engelmann ont trouvé que

(*) Bericht einer Reise durch Finland und Lappland (Bulletin de l'Acad. des sc. de S^t-Pétersbourg. 1840).

(**) Description géologique des rives occidentales du lac Ladoga et des carrières de marbre de Rouskiala. S^t-Pétersbourg, 1840; (en russe).

(***) Geognostische Beobachtungen auf einer Reise von Dorpat nach Abo, avec une carte de l'île Hochland.

(****) Journal des Mines de Russie. 1835, n° 3.

(*****) Journal des Mines de Russie. 1838, n° 2.

(******) Journal des Mines de Russie. 1837, n° 12.

les schistes se dirigent, sauf quelques déviations, du S.E. au N.O.; M. Bøthlingk croit en outre que les schistes dominent dans la Finlande orientale, dans le pays d'Olonetz, dans la presqu'île de Kola, et que les roches cristallines particularisent au contraire le centre et l'ouest de la Finlande. Ajoutons que les dépôts cristallins de cette région sont circonscrits : à l'E., (entre Saint-Petersbourg et Archangel); au S., (dans l'Estonie et la Livonie); au S.O., (en Suède) par des couches de terrains sédimentaires de la période ancienne, et nous en concluons que la Finlande proprement dite forme comme le noyau cristallin d'un vaste hémicycle de dépôts stratifiés (*) qui, à leur contact avec ce noyau, ont été transformés en schistes ayant eux-mêmes l'apparence cristalline. Les observations publiées par MM. Bøthlingk, Murchison et de Keyserling ont servi à tracer sur la carte les limites S. des roches cristallines, aux environs des lacs Onéga et Ladoga. Le point le plus méridional qu'atteignent ces limites est l'île Hochland, dans le golfe de Finlande; cette île a été soigneusement décrite et figurée en relief par M. Hofmann qui, outre le gneiss granitique, le diorite et le quarzfels, y a trouvé du calcaire grenu et du porphyre.

Au S. de la Finlande, les roches cristallines n'apparaissent plus qu'entre le Dniéper et le Dniester,

(*) Bulletin de l'Acad. des sc. de S^t-Petersbourg. 1838.

dans la chaîne du Donetz et sur les côtes méridionales de la Crimée. Sur les rives du Dniéper comme sur celles du Dniester, la roche dominante est le granite; et il est à remarquer qu'il n'a exercé dans ces contrées aucune action de soulèvement, même sur les couches sédimentaires qui lui sont immédiatement superposées. Les terrains de transition du Dniester gisent, d'après MM. Dubois (*), Eichwald (**) et Blédé (***) en stratification horizontale. M. Eichwald a vu du gneiss sur le Boug et sur le Dniester; il a observé des porphyres argileux à Berditchev, à Pogoroe et à Machanovka. Le comte de Keyserling et le professeur Blasius (****) ont également vu du gneiss en stratification horizontale, sur le Dniéper, au-dessus de Krementchoug. Jusqu'au parallèle d'Ékaterinoslav, les roches cristallines ne franchissent pas la rive droite du Dniéper; mais au S. de cette ville, elles traversent le fleuve et se poursuivent en grandes masses jusqu'aux environs de Marioupol. M. Oliviéri, M. Ivanitzki et les savants attachés à l'expédition de M. de Demidoff sur les côtes septen-

(*) Dubois de Montperreux : Conchyologie fossile et aperçu géognostique des formations du plateau volhyni-podolien. Berlin, 1831, p. 7.

(**) Geognostische Bemerkungen während einer Reise durch Lithauen, Wolhinien und Podolien (Karsten's Archiv. 1830. T. II, p. 113).

(***) Observations inédites.

(****) Dans le grand voyage que ces MM. firent en 1840 avec le baron Al. de Meyendorff.

trionales de la mer Noire, ont décrit avec détails la disposition et les caractères de ces roches, et en ont retracé les limites sur des cartes géologiques encore en partie inédites. MM. Oliuéri (*) et Ivanitzki (**) ont décrit toutes les roches cristallines de la chaîne du Donetz et du canton de Marioupol, et signalent dans ce dernier le granite, la syénite, le quartz, le gneiss, les schistes amphiboliques, le basalte et l'eurite porphyrique. Les roches pyrogènes de la chaîne du Donetz se distinguent essentiellement des granites de la Podolie et de la Volhinie, en ce qu'elles ont fortement soulevé les couches de sédiments anciens et notamment la formation carbonifère.

Si l'on se dirige d'Ékaterinoslav vers le S., on atteint, au delà des steppes nogaises et de la Crimée septentrionale, les côtes montagneuses de cette presqu'île où les roches cristallines réapparaissent à l'état de diorites et de porphyres augitiques, en relevant les puissantes assises de la formation du Jura. Ces faits ont été constatés par MM. Hofmann (***), Dubois (****) et de Verneuil (*****).

(*) Journal des Mines de Russie. 1830, n° 10.

(**) Journal des Mines de Russie. 1833, n° 10.

(***) Bericht über eine geognostische Reise nach Odessa und die Krymm (Bull. de l'Acad. des sc. de S^t-Pétersbourg. T. VI, p. 257).

(****) Bulletin de la Soc. géol. de France. 1837.

(*****) Description des coquilles fossiles de la Crimée (Mémoires de la Soc. géolog. de France).

M. Dubois (*) croit avoir reconnu dans le Caucase quatre périodes de soulèvement. Le premier soulèvement serait dû à l'éruption des granites et des diorites et aurait eu lieu après la formation des terrains jurassiques et pendant le dépôt des premières couches des terrains crétacés ; il a donné naissance à la chaîne d'Achalzik, en relevant ces couches de l'E. à l'O. Après ce soulèvement, la craie blanche s'est déposée dans un bras de mer compris entre le massif du Caucase et les montagnes d'Achalzik, et répondant à la Géorgie actuelle. Au S. de cette dépression règne un amas confus d'épanchements volcaniques, tels que masses de trapps et de porphyres, basaltes, trachytes, volcans éteints avec cônes de cendres et coulées de laves et d'obsidienne. Ces masses volcaniques sont toutes postérieures au soulèvement des grès d'Achalzik et ont formé à la surface de la contrée une multitude de petites chaînes de montagnes ; mais leur apparition n'a été que le prélude du grand soulèvement qui a imprimé au Caucase son relief actuel. Ces éruptions volcaniques n'ont point d'ailleurs été toutes concentrées au S. du Caucase ; il s'en est produit dans le massif même de ce dernier : tels sont l'Elbrouz, le Kasbek, le Passemta et les Montagnes Rouges. La quatrième période de soulèvement a produit les masses de

(*) Voyage autour du Caucase. Compte rendu des séances de l'Acad. des sc. de Paris. 1837, p. 962.

porphyre augitique qui se sont épanchées, durant toute la période tertiaire, dans les plages basses de la Géorgie.

Si nous passons du Caucase aux côtes orientales de la mer Caspienne, nous retrouvons les roches cristallines sur les rivages N. et E. du golfe des Balchans, où MM. Eichwald (*) et Völkner (**) les ont observées. M. Völkner signale dans le grand et dans le petit Bakhan, qui courent de l'E. à l'O., des grès et des calcaires tertiaires dont les couches plongent vers le S. et le S.O. et qui ont été manifestement soulevés par les porphyres. Ils ont tous les deux observé sur la rive septentrionale des granités désagrégés et des porphyres feldspathiques avec cristaux de quartz et de feldspath vitreux; M. Eichwald a aussi rencontré çà et là quelques fragments d'une lave identique à celle des volcans en activité. Ces roches ne paraissent point se rattacher à l'Oural; elles semblent plutôt appartenir au Caucase, et forment la limite orientale d'un grand système de terrains ignés dirigé du S.E. au N.O., comprenant le Caucase, la chaîne de la Crimée, les hauteurs du Donetz et les granités de la Podolie.

Nous possédons de nombreuses données sur le gisement des roches cristallines dans l'Oural; il

(*) *Karsten's Archiv.* 1830. T. II, p. 87.

(**) *Journal des Mines de Russie.* 1838, n° 1.

ANNÉE 1841.

existe même des cartes géologiques fort détaillées de quelques districts de cette chaîne (*) ; mais ne donnant ici qu'une carte d'ensemble, nous n'avons pas dû y faire la distinction des diverses espèces de roches. On sait que les masses cristallines se montrent de préférence sur la crête de la chaîne et sur son versant oriental, si riche en métaux. Les roches dominantes sont le diorite, le porphyre dioritique, le porphyre augitique, le granite, la serpentine, le schiste chloriteux, le talcschiste et le micaschiste. Le phonolite et la dolérite n'ont été observés que sur quelques points isolés du chaînon d'Orenbourg, au N. d'Orskaïa. On ne connaît sur aucun point de l'Oural de basaltes ni de trachytes proprement dits.

§ II. *Terrain silurien.*

Le terrain silurien n'est point à beaucoup près aussi développé en Russie que les formations sédimentaires plus modernes. On le trouve en des points séparés par une distance considérable, savoir, au golfe de Finlande, en Lithuanie, d'une part, et de l'autre aux bords du Dniester et de l'Oural ; dans l'intervalle, aucune vallée n'est assez profondément creusée pour le mettre à nu. Sur la côte méridio-

(*) Telles sont, entre autres, les nombreuses cartes qui accompagnent les descriptions géologiques de l'Oural dans le Journal des Mines de Russie.

nale du golfe de Finlande, les couches siluriennes s'élèvent en falaises de 200 pieds, avec une pente imperceptible vers le S., comprennent toute l'Estonie, quelques points de la Livonie septentrionale, et atteignent, en se prolongeant vers l'E., les rives méridionales du lac Ladoga. Il reste à décider s'il faut ranger dans le système silurien certaines couches de schistes argileux, de grauwackes et de calcaires métamorphiques, qui apparaissent au bord du lac Onéga fortement relevées par le soulèvement des diorites. MM. Strangways (*) et Eichwald (**) sont les premiers qui aient reconnu et décrit les terrains de transition de l'Ingrie et de l'Estonie. Plus tard, MM. Pander (***), Engelhardt, Ulprecht(****), Hück(*****) et Eichwald(*****) en donnèrent une description plus complète. Mais c'est à M. de Buch que l'on doit les renseignements les plus instructifs sur leurs débris organiques. M. Murchison

(*) Geological sketch of the environs of S. Petersbourg. London, 1821.

(**) Geognostico-zoolog. per Ingriam, marisque Baltici provincias, necnon de Trilobitis observationes. Casani, 1825.

(***) Beiträge zur Geognosie des russischen Reichs. S^t-Petersbourg, 1830.

(****) Geognostischer Umriss von Esth-und-Livland (Karsten's Archiv. 1830. T. I).

(*****) Neues Jahrbuch, par Leonhard et Bronn. 1839.

(*****) Das silurische system Esthlands, par Eichwald. S^t-Petersbourg, 1840.

Die Urwelt Russlands, 2^e livr. des Beiträge zur Kenntniss des russischen Reiches, par Bär et Helmersen. T. VIII.

découvrit en 1841, dans la Lithuanie, près de Schavli, des couches siluriennes plus récentes, qui sont vraisemblablement identiques avec celles de la Livonie septentrionale. Le terrain de transition du Dniester, entre Chotim et Mohilev, a été figuré sur la carte, d'après M. Dubois (*). M. Pusch (**) a signalé la ressemblance qui existe entre les terrains de transition de la Pologne (siluriens?) et ceux de la Westphalie rhénane. MM. Eichwald, Dubois, et dans ces derniers temps le major Blédé (***), ont décrit les terrains de transition du Dniester. On a déjà vu plus haut que les couches de ces terrains, quoique reposant sur les granites, sont comme celles de Saint-Pétersbourg, en stratification horizontale.

Du Dniester à l'Oural, on n'a encore rencontré aucune assise du terrain silurien. Mais ce terrain reparait des deux côtés de l'Oural. Le contact des roches cristallines l'y a profondément modifié. Ses couches y sont fortement inclinées; elles consistent en schistes argileux foncés, en grauwackes et en cal-

(*) Dubois. *Aperçu géognostique du plateau volhyni-podolien*. Berlin, 1839.

(**) Ueber die geognostische Konstitution der Karpathen und Nord-Karpathenländer (Karsten's Archiv. T. I. 1830).

Pusch : *Geognostisches Atlas von Polen*. Stuttgart, 1836.

(***) Le major Blédé a exploré cette contrée en 1838 et 1839; ses riches et instructives collections sont déposées au muséum de l'École des Mines de S^t-Pétersbourg.

caires, la plupart de couleur sombre, souvent à grain fin, recouvrant de grands espaces, mais pauvres en fossiles.

Les terrains de transition de l'Oural septentrional, près de Bogoslovsk, ont fourni au muséum de l'École des Mines de Saint-Pétersbourg une belle collection de fossiles, que M. de Buch (*) a rapportés sans hésitation à la période silurienne. Les fossiles qui caractérisent cette période sont : *Terebratula prisca*, *Terebratula nuda*, *Terebratula camelina*, *Orthis Arimaspus*, Eichw., *Orthis elegantula*, *Spirifer superbus*, *Calamopora gothlandica*.

Il est probable qu'il existe aussi des couches siluriennes au S. de Bogoslovsk et sur le versant occidental de la chaîne; car on rencontre dans le district de Kouschva et sur la Silva, affluents de la Tchoussovaïa, des calcaires contenant des *Pentamerus vogulicus*, coquille qui, d'après M. Murchison, caractérise les assises supérieures du système silurien. Les calcaires de Troïtzk (sur l'Oui) et de Karginskoë (sur la Bélaïa supérieure) pourraient bien aussi appartenir à ce système. M. Ulprecht a notamment reconnu dans des échantillons que M. Hofmann et moi avons rapportés de ces localités, la *Favosites gothlandica*, qui appartient, selon M. Murchison, aux couches de Wenlock, et des *Trochites*. M. Ivanitzki croit pouvoir classer les

(*) Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformationen in Russland.

schistes argileux du Miouss, sur la mer d'Azov, dans le système silurien (*); mais on n'y rencontre que des empreintes végétales et des débris indistincts de coquilles; ces schistes sont traversés par des filons de quartz et contiennent des gîtes de galène (près de Nagolnaïa et de Rovenki).

§ III. *Vieux grès rouge* (Old red).

On a été pendant longtemps incertain sur l'âge de certains calcaires, grès et argiles bigarrés qui atteignent un développement considérable en Livonie, près du lac d'Ilmen et sur le plateau de Valdaï. M. Erman (**) rapporta les grès rouges et les marnes de Valdaï aux terrains salifères des géologues allemands, parce qu'il les trouva superposés aux terrains de transition de Saint-Pétersbourg, qu'il prit pour le grès cuivreux et le zechstein. M. Quenstedt (***) classa les terrains de Livonie dans le grès bigarré et le muschelkalk. Plus tard MM. Asmuss et Hüeck étudièrent attentivement les fossiles de Derpt, et trouvèrent qu'ils provenaient, non pas de sauriens, comme on l'avait cru, mais de poissons. Peu de temps après, M. Olivieri et moi nous trouvâmes quelques-uns de ces fossiles dans les

(*) Journal des Mines de Russie. 1840, n° 9.

(**) Reise um die Erde. T. I.

(***) Rose : Reise nach dem Ural, Altai, etc.

marnes et les grès du plateau de Valdai, et quand nous eûmes constaté que ces marnes et ces grès étaient recouverts par le calcaire de montagne, il ne fut plus possible de douter que cette formation n'appartint à une période plus ancienne. MM. de Buch et Eichwald y ont reconnu le vieux grès rouge.

Des recherches ultérieures (*) ont fait voir que cette formation s'étend : vers le S.O., au delà de Pskov sur la Dvina inférieure, jusqu'au gouvernement de Vilna; et vers le N.E., jusqu'à la mer Blanche. M. Böttlingk a vu les mêmes débris de poissons dans des grès qui affleurent près de Vitégra, sur le lac Onéga, et M. Murchison (**) croit pouvoir étendre les limites du vieux grès rouge jusqu'aux rivages de la mer Glaciale. M. Murchison et ses compagnons ont vu le long du Volkhov la superposition du vieux grès rouge sur le terrain silurien. Il est en beaucoup d'endroits caractérisé par l'*Holoptychus nobilissimus* et le *Coccosteus* qui se trouvent aussi dans le vieux grès rouge d'Écosse; ses calcaires sont en outre particularisés par les *Spirifer Verneuili*, *Spirifer attenuatus*, *Terebratula prisca*, *Terebratula ventilabrum*, *Terebratula livonica* et *Terebratula Meyendorffii*. Il est possible que les grès observés dans la presqu'île de

(*) Bulletin de l'Acad. des sc. de St-Petersbourg. T. VIII.

(**) Athenäum. 1840.

Kola et au golfe de Varang, par MM. Bar et Bóthlingk, appartiennent à la même époque. Il n'existe dans toute la Russie septentrionale qu'une seule localité qui puisse être classée avec certitude dans le vieux grès rouge; elle est située au N.E. d'Iarensk; le comte de Keyserling et le professeur Blasius y ont recueilli, lors de l'expédition de M. Meyendorff, quelques échantillons de *Terebratula Meyendorffi* parfaitement conservés. J'ai retrouvé le vieux grès rouge, en 1841, près d'Orel, où M. Murchison l'a aussi observé. Il forme dans cette partie de la Russie une large zone qui, à quelques interruptions près, s'étend du N.O. au S.E., depuis la Dvina jusqu'à Voronesch. M. Murchison indique aussi des assises dévoniennes sur l'Oural, près de la Tchousovaïa.

§ IV. Terrain carbonifère.

M. Kovalevski (*) est le premier qui ait décrit la formation carbonifère en Russie. Il signala dans le district minéralogique de Lougane, aux houillères du Donetz, des alternances de grès et de puissantes assises de calcaire (calcaire de montagne ou calcaire carbonifère). M. Oliviéri (**) et les savants atta-

(*) Journal des Mines de Russie.

Boué : Mémoires géologiques. Paris, 1832.

(**) Journal des Mines de Russie. 1830, n° 4, et 1836.

chés à l'expédition de M. de Demidoff ont étudié cette contrée jusqu'aux bords de la mer d'Azov. M. Olivieri a trouvé que les couches de la formation houillère du Donetz ont une inclinaison générale vers le N.E. ; il a tracé une carte géologique détaillée du pays, dont une réduction a paru dans le Journal des Mines de Russie et dans le Bulletin de la Société géologique de France. M. Ivanitzki (*) y ajouta plus tard quelques observations et décrit le calcaire carbonifère du district de Marioupol. MM. Blédé (**), Vassilieff (***) et Annissimoff (****) étudièrent les gîtes houillers de Pétrovskaïa, dans les environs d'Izioum (gouvernement de Kharkov), et démontrèrent qu'ils étaient immédiatement recouverts par la formation du Jura et la craie. M. Blédé pense que la formation houillère existe dans tout l'intervalle compris entre les gîtes de Lougane et Izioum (*****). M. Gourieff annonce qu'il y a certitude de trouver le terrain houiller sous les formations plus modernes, près du Dniéper, dans le prolongement des couches houillères du Donetz ; M. de Buch (*****) a récemment donné la même assurance.

(*) Journal des Mines de Russie. 1833, n° 10.

(**) Journal des Mines de Russie. 1840, n° 2.

(***) Journal des Mines de Russie. 1837, n° 8.

(****) Journal des Mines de Russie. 1839.

(*****) Journal des Mines de Russie. 1835.

(*****) Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformationen in Russland ; p. 72.

Les fossiles du calcaire carbonifère du Donetz, tels que *Productus antiquatus*, *Productus gigas*, *Spirifer mosquensis* (très-abondant), démontrent son analogie avec le calcaire de montagne du nord, du centre et de l'est de la Russie; mais il faut remarquer que ce calcaire ne forme sur le Donetz que des dépôts peu étendus et sans continuité au milieu des schistes et grès houillers, tandis qu'il constitue dans les autres localités un élément dominant de la formation carbonifère; cette différence est essentielle. MM. de Buch (*) et Eichwald (**) ont décrit les fossiles du calcaire de montagne de Valdaï, et M. Fischer de Waldheim a fait voir dans son *Oryctographie* du gouvernement de Moscou que cette même formation existe aussi autour de cette ville. Je l'ai retrouvée dans le gouvernement de Tver, près de Rjev; et les collections de l'École des Mines de Saint-Petersbourg prouvent qu'il faut également y rapporter les gîtes houillers de Toulâ et de Kalouga. Dans toutes ces contrées les assises inférieures des calcaires sont caractérisées par les *Productus gigas*, *Productus hemisphæricus*, *Productus antiquatus*, *Spirifer mosquensis*, *Strombodes pentagonus* et *Chætetes radians*. Le comte de Keyserling et le professeur Bla-

(*) C. I, p. 82.

(**) Bulletin de l'Acad. des sc. de St-Petersbourg. 1840.

sus ont trouvé que les couches carbonifères d'Alexin, sur l'Oupa, affluent de l'Oka, alternent avec le calcaire de montagne. Cette circonstance rapproche le calcaire d'Alexin du calcaire carbonifère du Donetz ; elle le distingue au contraire de celui de Valdaï dans lequel on n'a jamais observé de pareilles alternances. Les couches carbonifères de cette contrée (la Prouikcha, Borovitchi et le lac Séliguer) sont intercalées dans une argile grise qui repose immédiatement sur le vieux grès rouge et sont recouvertes par de puissantes assises de calcaire de montagne. Les observations de MM. Blasius et de Keyserling et les collections de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg (*Spirifer mosquensis*, *Productus antiquatus*, *Strombodes pentagonus*) ne permettent pas de douter que le calcaire de montagne n'existe aussi dans les gouvernements de Smolensk et de Vitebsk, autour de Moshaisk et au-dessus de Vitebsk, sur la Dvina. Du plateau de Valdaï, le calcaire s'étend du S.O. au N.E. jusqu'à la mer Blanche. MM. Murchison (*) et Robert (**) l'ont observé sur la route de Saint-Pétersbourg à Archangel, et le premier de ces géologues a reconnu qu'il pénètre jusque dans le pays des Samoïèdes. Le docteur Schrenk (***) l'avait aussi déjà observé sur la Pinéga,

(*) Athenæum. 1840.

(**) Bulletin de l'Acad. des sc. de St-Pétersbourg. 1839.

(***) Helmersen (Bulletin de l'Acad. des sc. de St-Pétersbourg. VII et VIII).

et avait signalé les belles masses de gypse qu'il renferme. On ne connaît toutefois sur cet espace aucune couche de charbon. M. Ruprecht a trouvé le calcaire de montagne à une latitude plus septentrionale encore dans la presqu'île de Kanin; il y est associé aux terrains jurassiques.

A l'E., nous retrouvons le calcaire de montagne très-développé des deux côtés de l'Oural. Il existe dans les collections de Saint-Pétersbourg des fossiles qui ne laissent aucun doute sur sa présence à l'O. de l'Oural : dans les districts de Bougoulma, de Sterlitamak et près de Satkinsk; près de l'usine de Koussinsk, dans la circonscription de l'usine d'Artinsk, où il a été décrit par M. Wagner (*); à l'usine de Lussvinsk (sur la Tchousovaïa, à l'O. de Kouschva), (*Productus gigas*, *Productus hemisphaericus*, *Productus antiquatus*, *Spirifer mosquensis*, *Strombodes pentagonus*, *Chætetes radians*, *Orthoceras* et *Goniatites*). MM. Keyserling et Blasius ont aussi rapporté de la Petschora un bel *Euomphalus* qui est identique avec un *Euomphalus* du calcaire de montagne d'Archangel; c'est sur le versant occidental de l'Oural le point le plus septentrional où l'on ait encore trouvé cette formation. Le calcaire de montagne occupe donc une grande étendue dans la

(*) Journal des Mines de Russie. 1840.

Russie orientale, et y est en outre tout à fait analogue aux terrains de Valdaï et du Donetz. A l'E. de l'Oural, le calcaire de montagne s'observe : près de Tanalizk, sur les rives du fleuve Oural, entre Orsk et Kisil'skaïa (*Productus gigas*); près le village de Smolin, sur l'Isset (*Productus gigas* et *Lima valdaïca*?); aux environs de Mapaïevskoë.

§ V. Nouveau grès rouge (New red).

Un groupe très-étendu de terrains compris entre la bande septentrionale de calcaire de montagne, et l'Oural, a été désigné sur la carte du nom de nouveau grès rouge, parce qu'il existe des raisons pour le rapporter au todtliedendes, au zechstein et peut-être même au grès bigarré. M. Murchison l'a compris sous la dénomination de système Permien et le rapporte à la période du zechstein (*). A ce groupe appartiennent les grès qui sont si développés sur le versant occidental de l'Oural et dont le gisement fait l'objet de nombreux mémoires. MM. G. Rose, Samoiloff (**), Tcheklezoff (***), Meyer (****), Schumann (*****), et Platonoff (*****) les ont dé-

(*) On the geolog. structure of Russia in Europe and of the Ural mountains. Londres, 1842.

(**) Journal des Mines de Russie. 1831.

(***) Journal des Mines de Russie. 1832 et 1833.

(****) Journal des Mines de Russie. 1843.

(*****) Journal des Mines de Russie. 1833, n° 8.

(*****) Journal des Mines de Russie. 1840.

crits. D'intéressantes observations ont été publiées par M. Thompson (*) sur la vallée de la Tchousovaïa, par M. Schwickart (**) sur les domaines des Strogonoff, et par M. Wangenheim de Qualen (***) sur les minerais sableux du gouvernement d'Orenbourg. M. Hofmann et moi, nous avons étudié à Orenbourg même (****) un système intéressant de grès, de conglomérats, de marnes et de calcaires, avec gypse et souvent avec minerais de cuivre carbonaté. M. Platonoff, qui range les grès de Perm dans le terrain des keuper, établit pour la contrée de Perm deux grandes divisions principales, dont l'une, l'inférieure, consiste en calcaire avec amas de gypse, et dont l'autre se compose d'argile marneuse et de grès contenant également du gypse, mais renfermant en outre des couches de calcaire fétide et des gîtes de minerai de cuivre. Les grès de Perm présentent, avec les minerais de cuivre, des empreintes de plantes de la période carbonifère, telles que *Calamites approximatus*, *Calamites cannæformis*, diverses variétés de *Neuropteris* et de minces couches de houille. M. Koutorga (*****) en a conclu que les grès de Perm

(*) Journal des Mines de Russie. 1835.

(**) Journal des Mines de Russie. 1837.

(***) Bulletin de la Soc. des naturalistes de Meacon. 1840, n° 10.

(****) Geognostische Untersuchung des Südurals, par Hofmann et Helmersen. Berlin, 1831.

(*****) Beiträge zur Kenntniss der organischen Ueberreste des

appartenaient à la formation carbonifère. Mais ces grès contiennent aussi des restes de sauriens; on y a trouvé une dent bien conservée, qu'on rapportait à une nouvelle espèce de mammifère, le Syodon, et qui, d'après l'examen de M. l'académicien Brandt, appartient incontestablement à un saurien. Il résulte donc de cette découverte que les terrains dont il est ici question sont plus modernes que la formation houillère.

M. Wangenheim de Qualen (*) a trouvé dans les puissantes assises cuprifères du gouvernement d'Orenbourg de nombreux fossiles, que M. Fischer de Waldheim a déterminés, et qui autorisent à ranger une grande partie de ce terrain dans le zechstein. Parmi ces fossiles figure un *Spirifer undulatus*, espèce caractéristique du zechstein, à l'état roulé, mais provenant assurément des environs; on trouve en outre dans les roches de ce groupe les *Productus Cancrini*, *Spirifer lamellosus* et *Terebratula elongata*, variétés qui diffèrent totalement de celles du calcaire de montagne (Murchison, a. a. O., p. 15), et de nombreux restes de sauriens, dont la découverte est due à M. Wangenheim de Qualen.

Si maintenant on remarque que, parmi les roches à débris de végétaux de la période car-

Kupfersandsteins am westlichen Abhange des Ural, par Et. Koutorga. S- Pétersbourg, 1838.

(*) Bulletin de la Soc. des naturalistes de Moscou. 1840, n° 10.

bonifère (végétaux dont quelques-uns se retrouvent d'ailleurs incontestablement dans le todtliengendes) il n'en est aucune qu'on soit autorisé à considérer comme du calcaire de montagne; que les caractères lithologiques de ces roches s'accordent nettement avec ceux du todtliengendes, du zechstein, et même jusqu'à un certain point du trias; et enfin que la présence du zechstein et du grès bigarré est mise hors de doute par la nature des fossiles, on ne saurait hésiter à classer la grande formation cuprifère de l'Oural dans le groupe du nouveau grès rouge. M. Platonoff a observé dans les terrains du district de Perm une direction N.S., avec une faible pente vers l'O., ce qui tend à prouver, d'une part, qu'ils appartiennent encore au système de soulèvement de l'Oural, et de l'autre, qu'ils sont ou de même âge, ou d'âge plus récent encore que les terrains formant le pied de cette chaîne de montagnes. J'ai fait des observations analogues dans les environs de Viatka. M. Robert (*) a vu près de Pless et de Kineschma, sur le Volga, des couches qu'il rapporte aux keuper; et M. Oliiviéri (**) a décrit sur le Volga, l'Oka et la Kliasma, des grès, des argiles panachées et des marnes avec gypse et assises subordonnées de calcaire, qu'il a rangés dans le grès bigarré. Il a remarqué sur la Kliasma un grès

(*) Bulletin de la Soc. géol. de France. T. XI, p. 310.

(**) Journal des Mines de Russie. 1838.

bigarré reposant sur une marne blanche qui, suivant les observations du comte de Keyserling, a une similitude frappante avec une marne du calcaire de montagne d'Archangel. Ce grès est recouvert, dans la partie moyenne de l'Oka et aux environs de Kostroma et de Iaroslav, par la formation jurassique. Le baron de Meyendorff et M. Murchison ont remarqué les mêmes superpositions sur le Volga. M. Murchison a observé dans les couches de la Russie septentrionale une faible pente vers le S.E.; il suivait la route d'Archangel à Nijni-Novgorod, marchant ainsi en sens inverse de la déclivité des couches. Ce géologue a trouvé vers l'embouchure de la Vaga dans la Dvina, des calcaires qui paraissent plus récents que le calcaire de montagne d'Archangel, et qui contiennent un *Productus* très-voisin du *Productus aculeatus*. En avançant davantage vers le S., M. Murchison a rencontré une série d'argiles panachées (rouges pour la plupart) et de grès, avec amas de gypse et de calcaires non fossilifères. Cette série se poursuit jusqu'au Volga, et même elle continue, suivant M. Oliviéri, sur la rive droite de ce fleuve. Les seuls fossiles qu'on y ait trouvés sont des troncs d'arbres silicifiés, et il est par conséquent impossible d'en déterminer l'âge exactement. Mais si l'on a égard à l'ordre de leur superposition et à leur grande ressemblance avec les terrains qui s'étendent au pied de l'Oural, et dont il a été ci-dessus question, on est conduit à les pla-

cer entre le terrain carbonifère et la formation jurassique. Le muschelkalk paraît manquer en Russie, comme en Angleterre. Le seul point où il se rencontre, d'après M. de Buch, est le mont Bogdo, sur le Volga inférieur, où l'on trouve l'*Ammonites bogdoanus* et un *Ceratites* (*). M. Eichwald a plus tard rapporté les couches du Bogdo à la période silurienne(**), mais les observations récentes faites au Bogdo par le comte de Keyserling ne coïncident pas avec sa manière de voir : ces deux observateurs s'accordent toutefois pour combattre l'assimilation de ce terrain avec le muschelkalk (***).

§ VI. Formation jurassique (Oolite et Lias).

Renvoyant aux détails intéressants que M. de Buch(****) a donnés sur les dépôts jurassiques de la Russie, je me contenterai de citer ici brièvement tous les points où ils ont été observés jusqu'à ce jour. D'après M. Dubois(*****), l'oolite et le lias existent au Caucase sur les deux versants de la chaîne principale, dont le premier soulèvement a eu lieu après

(*) Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformationen in Russland.

(**) Bulletin de l'Acad. des sc. de St-Petersbourg. T. IX.

(***) Annales des sciences géologiques. 1842, n° 1.

(****) Beiträge zur Bestimm. der Gebirgsform. in Russland.

(*****) Voyage autour du Caucase.

le dépôt des terrains jurassiques. Ils forment les escarpements des côtes méridionales de la Crimée, où l'on voit les schistes du lias avec *Avicula decussata* (la même que celle du Caucase), recouverts par le calcaire jurassique (Tchatyrdagh); MM. Hofmann (*), Dubois (**) et de Verneuil (***) ont décrit ces terrains. Le major Blédé (****) a récemment étudié et décrit les terrains jurassiques du gouvernement de Kharkov, sur les rives du Donetz, aux environs d'Izioum. Si de ce point l'on se porte vers le N.O., on ne retrouve les dépôts jurassiques qu'en Pologne et dans la partie septentrionale du gouvernement de Vilna, près de Popilani. M. Eichwald, et plus tard M. de Buch (*****), ont décrit les fossiles de ces localités. Plus loin à l'E., ils ne reparaissent, après une longue interruption, qu'aux environs de Moscou, où M. Fischer de Waldheim (******) les a fait connaître. Mais là, comme sur le Donetz, ils ne constituent, selon M. Murchison, que des lambeaux insignifiants, reposant immédiatement sur le calcaire de montagne de Moscou. Les terrains juras-

(*) Reise nach Odessa und der Krym. Bulletin de l'Acad. des sc. de St-Petersbourg. T. VI.

(**) Voyage autour du Caucase.

(***) Les coquilles fossiles de la Crimée.

(****) Sammlung des Petersburg's Berginstituts und handschriftliche Bemerkungen, par Blédé.

(******) Beiträge zur Bestimm. der Gebirgsform. in Russland.

(*****) Oryctographie du gouvernement de Moscou.

siques sont plus développés aux bords de l'Oka et du Volga. M. Oliviéri (*) est le premier qui les ait étudiés; M. de Buch a décrit leurs fossiles et démontré qu'ils appartiennent, comme tous les autres dépôts jurassiques de la Russie, à l'étage moyen de la formation. M. de Buch rapporte les couches de l'Oka et du Volga à celles qu'on nomme en Angleterre Oxford clay, Kelloway rock et Bradford clay. Le long du Volga, le terrain jurassique disparaît pendant longtemps vers le S. sous la formation de la craie, jusqu'aux environs de Sarepta. M. Robert classe aussi dans l'Oxford clay les terrains jurassiques qu'il a observés, en 1839, près de Kineschma, sur le Volga. M. de Buch a également fait voir que les couches qui affleurent sur le versant oriental de l'Oural septentrional, près de Mednoï-Simov (**) et sur l'Ilek, au S. d'Orenbourg, appartiennent au même horizon géologique. Les terrains jurassiques ne se présentent plus ici par lambeaux aussi isolés que dans les précédentes localités. On sait, en effet, qu'ils existent sur la mer Blanche, près de Kanin, sur la Vitchegda, et dans l'Oural méridional. MM. de Keyserling et Blasius ont recueilli des fossiles de la période jurassique (*Ammonites sublaevis*, *Ammonites Lamberti*, *Belemnites excentricus*, *Gryphaea dilatata*) au S. de la Vitchegda, sur la Syssola.

(*) Journal des Mines de Russie. 1838, n° 9.

(**) Beiträge zur Bestimm. der Gebirgsform. in Russland.

Quant à l'existence du terrain jurassique dans l'Oural méridional, elle est attestée par les fossiles qui ont été recueillis près d'Ourtasimskaïa et d'Orlovsk, et déposés dans la collection de Derpt : ces fossiles ont été déterminés par M. Ulprecht; ce sont les *Pentacrinites vulgaris*, Schloth., *Terebratula lacunosa*, *Terebratula intermedia* et *Gryphaea arcuata*. Les terrains jurassiques ne sont pas interrompus par l'Ilek. Deux Ingénieurs des Mines russes, MM. Kovalevski et Guerngross (*) ont parcouru en 1839 la rive septentrionale du lac Aral, traversé, en se dirigeant vers l'O., l'Oust-Ourt; plateau compris entre l'Aral et la mer Caspienne, atteint le fort russe d'Ak-Boulak et regagné Orenbourg par l'Emba. Ces MM. ont reconnu sur l'Oust-Ourt, non seulement des dépôts tertiaires très-développés dont il sera parlé plus bas, mais aussi une marne de couleur foncée qui se prolonge jusqu'à l'Emba, et qui contient : *Nucula complanata*, *Nucula Mahmeri*, *Terebratula concinna* et *Ammonites lineatus*. Enfin, les terrains jurassiques existent encore dans la partie inférieure du cours de l'Oural, près d'Inderskaïa; car on y trouve aussi des marnes avec des ammonites nacrées tout à fait semblables à celles de la steppe des Kirghis. Les terrains jurassiques existent donc en Russie, au nord comme au midi; de la frontière occidentale à la chaîne de l'Oural;

(*) Journal des Mines de Russie. 1840, n° 12.

mais ils n'y forment jamais, excepté sur le Volga, que des masses sans continuité.

§ VII. Craie.

La craie paraît caractériser spécialement la Russie méridionale. Le parallèle de Moscou peut être considéré comme sa limite vers le N. La craie commence sur la rive droite du Volga à Simbirsk et à Sarepta, et s'étend, au delà de la région arrosée par le Don, par Kharkov et Koursk, jusqu'au Dniéper. Elle reparaît au S. des formations carbonifères du Donetz et sur le versant septentrional de la chaîne de Crimée, s'étend en Podolie, en Volhinie et en Bessarabie, sous les sédiments tertiaires, et recouvre par grandes masses presque continues la région des Carpathes. Le point le plus septentrional où elle ait été rencontrée à l'O., est la ville de Grodno. Dans tout cet intervalle et même à l'E., sur le Volga, la craie est souvent recouverte par les terrains tertiaires. D'après M. Dubois (*), elle se montre au Caucase, entre les montagnes d'Achalsik et la chaîne principale.

M. Jasikoff (**) a décrit la formation crétacée du Volga. Les couches dont elle se compose sont, de bas en haut : le grès qu'on rencontre près de Sim-

(*) Voyage autour du Caucase.

(**) Journal des Mines de Russie. 1832.

birsk et de Sysran ; la marne ; la glauconie crayeuse ; et enfin la craie blanche et dure.

MM. Blédé (*), Oliviéri(**) et Sosi(***) ont décrit la craie des gouvernements de Koursk, de Kharkov et d'Orel. M. Oliviéri(****) a montré le premier que le Donetz coule à la limite du terrain carbonifère et de la craie. MM. Dubois et de Verneuil ont fait connaître les particularités de la formation en Crimée ; ils nous ont appris que, sur le versant septentrional de la chaîne taurique, les couches inférieures de la craie (terrain néocommien) reposent en stratification horizontale sur les strates inclinées de la formation jurassique. Une partie des couches de la craie de Crimée, et notamment le calcaire à nummulites, a été, suivant M. Dubois, bouleversé par des éruptions de basalte et d'amygdaloïdes (Cap parthénique). D'après MM. Dubois, Eichwald et Blédé, les couches crétacées existent en beaucoup de points du plateau Volhyni-Podolien sous d'épais sédiments tertiaires. Il est probable que la craie de Grodno, indiquée par M. Eichwald(*****) comme le dernier affleurement N.O. de la formation, appartient aussi au grand bassin crétacé de la Russie méridionale.

(*) Journal des Mines de Russie. 1840, n° 4.

(**) Journal des Mines de Russie. 1830, n° 2.

(***) Journal des Mines de Russie. 1837, n° 8.

(****) Journal des Mines de Russie. 1830, n° 2.

(*****) Geogn. Bemerk. über Lithauen, Wolhynien und Podolien.

§ VIII. *Terrains tertiaires.*

Si nous nous portons d'abord vers l'E., les premiers dépôts tertiaires que nous rencontrions sont ceux que MM. Kovalevski et Guerngross ont trouvés sur l'Oust-Ourt, entre la mer Caspienne et le lac Aral (*). Ces deux ingénieurs ont observé sur le Teben et le Maïlis des grès calcarifères renfermant du bois fossile, des *Rostellaria*, des *Turritella* et des dents de squales. Plus haut, sur la Tchégane, on trouve une marne avec *Cassis texta*, *Dentalium*, *Natica* et dents de squales; cette marne repose sur le terrain jurassique. Les deux voyageurs dépeignent d'ailleurs la constitution géologique du plateau comme très-uniforme, et l'on peut en conclure que les sédiments tertiaires y occupent une très grande étendue. MM. Eichwald(**), Sosi(***) et Wölkner(****) ont étudié la rive orientale de la mer Caspienne et y ont trouvé des couches tertiaires très-développées, au golfe de Krasnovodsk, au cap Karagan et dans les environs de la forteresse de Novo-Alexandrovsk. M. Sosi a vu un calcaire tertiaire avec *Cardium* sur une falaise du rivage haute de 800 pieds. La constitution géologique des environs d'Inders-

(*) Journal des Mines de Russie. 1840, n° 12.

(**) Caspische Reise (Karsten's Archiv. 1830. T. II).

(***) Journal des Mines de Russie. 1836, n° 3.

(****) Journal des Mines de Russie. 1838, n° 1.

kaïa, sur le bas Oural, paraît analogue à celle de l'Oust-Ourt; car on y trouve aussi associés aux marnes jurassiques des calcaires marneux contenant du gypse, du lignite et une variété de *Cardium*. Selon M. Sosi, les couches manifestent une inclinaison vers l'O. Le professeur Göbel a rapporté de son voyage d'Inderskaïa un échantillon de calcaire poreux, em-pâtant des restes fortement oblitérés d'un *Cardium*, et ayant entièrement l'aspect d'une roche très-moderne.

Il existe aussi, d'après M. Eichwald, des dépôts tertiaires sur la rive occidentale de la mer Caspienne, entre Bakou et Kislär; et M. Dubois a fait voir qu'on les retrouve également au pied méridional du Caucase, en Géorgie et en Arménie, où les actions volcaniques les ont soulevés à des hauteurs de 1500 à 3500 pieds. Il n'est pas impossible qu'on ne trouve avec le temps des dépôts tertiaires sur tout le versant septentrional du Caucase et en connexion avec ceux de la mer d'Azov. A partir du pied septentrional de la chaîne taurique, où MM. Dubois et de Verneil les ont reconnus, des sédiments tertiaires s'étendent vers le N.O., à travers la steppe nogaise, vers la Volhinie, la Podohe et la Pologne où les travaux de MM. Dubois, Pusch et Eichwald en ont fait connaître la disposition, et reparaissent sur la Vistule, entre Varsovie et Thorn. M. Eichwald les a observés près de Grodno; et c'est là le point le plus septentrional où l'on en ait trouvé dans cette partie

de l'Empire. Il résulte de recherches plus récentes, qu'ils sont dans le centre et le midi de la Russie beaucoup plus développés qu'on ne l'avait d'abord pensé. Ajoutons que, dans le nord, MM. de Verneuil et Murchison ont trouvé près d'Oustivaïa, au S. d'Archangel, une argile contenant des restes de coquilles actuellement vivantes dans la mer du Nord.

M. Sosi (*) avait déjà signalé, près de Koursk, des couches qu'il regardait comme tertiaires, parce qu'elles reposent sur la craie supérieure. M. Blédé(**) a établi incontestablement leur existence près d'Izioum, sur le Donetz. Un tripoli que M. Olivieri(***) a vu près de Koursk semble également appartenir à la période tertiaire. M. Fischer de Waldheim(****) a décrit les célèbres meulrières des environs de Moscou; c'est un grès quartzeux que M. Murchison a vu près de Kolomna reposant sur le terrain jurassique. Les savants attachés à l'expédition de M. de Meyendorff ont trouvé dans les gouvernements d'Orel, de Koursk, de Kharkov, de Pultava et de Tchernigov, un grès entièrement analogue, avec empreintes de dicotyledon, pareilles à celles d'Alt-sattel en Bohême, et qui, près de Belgorod, entre

(*) Journal des Mines de Russie. 1837, n° 3.

(**) Sammlung des Petersburg's Berginstituts und handschriftliche Bemerkungen.

(***) Journal des Mines de Russie. 1830, n° 2.

(****) Oryctographie du gouvernement de Moscou.

Kharkov et Voronège, repose sur la craie blanche supérieure. Enfin M. Jasikoff a également vu le même grès recouvrant la craie blanche, entre le Volga et la ville de Pensa. Plus récemment encore, M. Jasikoff a fait voir qu'il existe un grand bassin tertiaire (diluvium) sur la rive gauche du Volga, entre les rivières d'Achtaï et de Sok, et que la craie n'apparaît point dans cette localité, ainsi que je l'avais indiqué sur la première édition de ma carte, d'après l'indication de M. Guerngross. La Russie méridionale, depuis le pied des Carpathes jusqu'aux plages basses de la mer Caspienne, représente donc un immense bassin tertiaire, qu'on ne connaît encore que très-imparfaitement; mais qui, à la suite d'études plus précises, se subdivisera probablement en plusieurs bassins partiels d'âges différents.

Dans la Russie septentrionale, M. Robert (*) considère comme tertiaires certains dépôts de sable et de grès. MM. Murchison et de Verneuil ont découvert au S. d'Archangel, près de l'embouchure de la Vaga, un petit bassin avec restes de coquilles actuellement vivantes dans la mer du Nord, et qui pourrait bien, eu égard à la nature de ses fossiles, être plus récent que les dépôts tertiaires du midi de la Russie, et même que les couches à restes de mammouts et de rhinocéros; car ces dernières se

(*) Bulletin de la Soc. géolog. de France. T. XI.

montrent dans les laveries d'or de l'Oural en superposition immédiate sur les roches cristallines, et n'ont jamais fourni de débris d'espèces actuellement vivantes.

Quand une contrée ne possède aucune chaîne de montagnes, les vallées des fleuves peuvent seules donner des indications précises sur sa constitution minérale. Celui donc qui voudra faire avancer la connaissance géologique de l'Empire russe devra se résigner à descendre en bateau le cours de ses grands fleuves, savoir : au S., l'Oural, le Volga, le Don et le Dniéper; au N., la Petschora, la Vitcheгда, la Dvina d'Archangel et la Dvina de Livonie.

FER NATIF

TROUVÉ DANS L'ALLUVION AURIFÈRE DE PÉTROPAVLOVSK.

L'intendant des mines d'or de la Couronne dans l'Altaï, le capitaine Bulkoff, a présenté en 1841 au chef des usines de Koluivano-Voskressensk un morceau de fer pesant $17 \frac{1}{2}$ liv. ($7^{\text{h}}, 16$), trouvé dans l'alluvion aurifère de Pétropavlovsk [arrondissement de Miassk]. Ce morceau a été rencontré à la profondeur de $4 \frac{1}{2}$ sag. ($9^{\text{m}}, 6$), sur le sol calcaire que recouvre la couche aurifère. On avait déjà précédemment trouvé dans cette alluvion quelques fragments de fer métallique ; mais comme ces fragments étaient fort petits, ils n'avaient point excité d'intérêt, et l'on attribuait leur présence aux instruments en fer employés pour l'exploitation et le lavage des sables. La découverte d'une masse de fer aussi considérable méritait de fixer l'attention ; la profondeur à laquelle on l'avait trouvée ne permettait point d'ailleurs d'attribuer à quelque circonstance accidentelle sa présence dans une alluvion appartenant à un arrondissement aussi peu habité que l'était l'arrondissement de Miassk avant l'établissement des exploitations aurifères.

Le fer trouvé dans l'alluvion de Pétropavlovsk forme un prisme triangulaire irrégulier à angles et arêtes arrondis. Sa longueur est de $7 \frac{1}{2}$ po. ($0^m, 18$), sa largeur de $5 \frac{1}{2}$ po. ($0^m, 13$), et sa hauteur de 3 po. ($0^m, 078$); il est recouvert d'une croûte d'oxyde qui sur les bords masque à peine le métal, mais qui a par places 1 lig. ($0^m, 002$) et plus d'épaisseur. La masse est compacte, homogène; mais on remarque sur un des côtés une dépression près de laquelle le métal a une tendance à la texture feuilletée. Le fer a une couleur gris-d'acier clair et un fort éclat métallique. Il est malléable, mais un peu plus dur que le fer ordinaire; l'acier le raye néanmoins facilement. Sa pesanteur spécifique est de 7,76 et correspond par conséquent à la plus grande pesanteur spécifique que puisse prendre le fer pur. L'acide hydrochlorique le dissout avec dégagement de gaz hydrogène inodore. Si l'acide n'est pas assez fort, il reste après la dissolution une poudre métallique grise, qui, portée à l'ébullition avec de l'acide concentré, se dissout totalement. Il se dissout beaucoup plus facilement dans l'eau régale, et il ne reste dans ce cas aucun résidu. L'hydrogène sulfuré ne forme aucun précipité dans la dissolution nitrique. Un excès d'ammoniaque y produit un très-grand dépôt de peroxyde de fer: ce dépôt ne renferme point de manganèse. En faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré dans la liqueur ammoniacale dont on a séparé par filtration le peroxyde de fer, et

qui a une faible couleur bleuâtre, on obtient un dépôt noir, qui se dissout dans l'eau régale et donne avec la potasse caustique un dépôt vert-pomme d'oxyde de nickel. Ce métal est le seul que renferme la dissolution sulfurée. Je me suis assuré, au moyen du chlorure de barium, qu'il n'y a point de soufre dans le fer de Pétropavlovsk. J'y ai soigneusement recherché le carbone dont la présence eût en quelque sorte prouvé l'origine artificielle de la masse. J'ai fait en conséquence deux essais. Le premier a consisté à faire bouillir un menu morceau de fer dans une dissolution de bichlorure de cuivre; le fer s'y est dissous avec précipitation de cuivre métallique, qui, repris par le bichlorure aiguisé d'acide hydrochlorique, s'est totalement redissous sans laisser la moindre trace de carbone. Dans le second essai, j'ai posé un petit morceau de fer sur une plaque de chlorure d'argent fondu, au fond d'un vase rempli d'eau aiguisée d'acide hydrochlorique; au bout de quelques jours, le fer a passé en entier à l'état de chlorure, et s'est dissous dans l'eau: la surface du chlorure d'argent est devenue métallique, mais on n'y a remarqué aucune trace de charbon.

La découverte de fer métallique natif a été jusqu'à ce jour un fait extrêmement rare. Ce n'est qu'en Amérique et, de plus, fort récemment, qu'on a rencontré le fer natif associé au quartz, en couches subordonnées dans le schiste micacé. Son existence en Europe, dans quelques mines de l'Alle-

magne, n'est point encore établie d'une manière incontestable. Cependant il est hors de doute, que le fer natif existe dans les aérolithes recueillies en différentes parties du monde. Plusieurs de ces aérolithes ont été analysées, et il n'est peut-être pas inutile de mettre ici en regard les résultats des analyses dont elles ont été l'objet.

	Fer.	Nickel.	Cobalt.	Chrome.	Manganèse.	Soufre.	Matières pierres.	Total.
1. Fer trouvé en Sibérie par Pallas. . . .	90,0	7,5	2,5	"	"	"	"	100,0
2. Fer de Santa-Rosa (Amérique méridionale)...	91,2	8,2	"	"	"	"	0,3	99,7
3. — de Toluca, au Mexique...	91,4	8,6	"	"	"	"	"	100,0
4. — d'Ellebogen, en Bohême.	87,5	8,7	1,0	1,0		"	"	100,0
5. — météorique de l'Algie, en France. .	92,7	5,5	"	traces	traces	traces	"	98,2
6. — météorique de Sienna.	92,7	5,2	"	traces			"	97,0
7. — météorique de Chatonay.	92,7	5,5	0,8	0,8	"	traces	"	99,8
8. — d'Ellebogen (d'après Klaproth). . .	97,5	2,5	"	"	"	"	"	100,0
9. — de Grachine, en Hongrie.	96,5	3,5	"	"	"	"	"	100,0
10. — de Sibérie (d'après Klaproth). . .	98,6	1,5	"	"	"	"	"	100,0
11. — du Mexique. . .	96,75	3,25	"	"	"	"	"	100,0

Ces analyses font toutes voir que le nickel accompagne constamment, en plus ou moins grande quantité, les masses de fer natif auxquelles on attribue une origine météorique. En admettant que la présence du nickel caractérise toutes les masses de fer tombées de l'atmosphère, on est conduit à considérer le fer de l'alluvion de Pétropavlovsk comme étant aussi d'origine atmosphérique. Dans ce cas, la découverte de ce fer gagnerait encore en intérêt; car elle fournirait une donnée toute nouvelle pour la détermination de l'âge des alluvions aurifères.

Le capitaine en second Ivanoff a fait deux analyses du fer de Pétropavlovsk, dans le laboratoire de l'Ecole des Mines de Saint-Petersbourg. Elles ont été opérées sur deux morceaux pris en des points différents de la masse.

Première analyse.

	2 ^g ,010	3 ^g ,121
Peroxyde de fer. .	2,697	4,200
Oxyde de nickel. .	0,179	non déterminé.

D'où l'on conclut, pour 100 parties :

Fer.	93,03	93,30
Nickel.	7,00	non déterminé.

Seconde analyse.

	29 ^g ,067
Peroxyde de fer. . .	2,806
Oxyde de nickel. . .	0,183

D'où l'on conclut , pour 100 parties :

Fer.	94,12
Nickel.	6,96
	<hr/>
	101,08

L'accord de ces résultats indique que le nickel est uniformément disséminé dans le fer métallique de l'alluvion aurifère de Pétropavlovsk.

ANALYSE

DU GRÈS CUIVREUX DE L'ARRONDISSEMENT DE PERM.

J'avais deux fois essayé d'analyser le grès cuivreux de Perm et chaque fois sans succès. Le procédé d'analyse ordinairement suivi pour les silicates ne pouvait convenir à ce minéral. Il fallait déterminer séparément les éléments de la roche décomposée et ceux de la roche encore intacte.

Je trouvai vers la fin de l'année 1839 un nouveau mode d'analyse; mais empêché par diverses circonstances de le mettre en œuvre, je n'ai pu reprendre mes travaux de laboratoire que dans l'automne de 1840. Voici la marche que j'ai suivie pour les analyses qualitative et quantitative.

Analyse qualitative.

J'ai fait bouillir une partie de grès réduit en poudre fine, dans l'acide hydrochlorique concentré. La dissolution filtrée fut traitée par un courant d'hydrogène sulfuré, et le dépôt de sulfures, recueilli sur un filtre, séché, fondu avec du nitrate de potasse et repris par l'eau chaude; cette dernière liqueur, versée dans une capsule de porce-

laine et rapprochée, fut aiguisée de quelques gouttes d'acide hydrochlorique; une feuille de cuivre que j'y plongeai sans l'enlever du feu n'a jamais fourni la moindre trace d'acide molybdique. Si on la neutralise par l'ammoniaque et qu'on y ajoute de l'hydrosulfate d'ammoniaque, on y trouve de l'acide vanadique pour la plupart des variétés de grès; c'est le seul acide métallique que renferme le liquide.

La liqueur dans laquelle j'avais fait passer le courant d'hydrogène sulfuré, fut traitée par l'hydrosulfate d'ammoniaque. Le dépôt formé par ce réactif ne m'a donné que de l'alumine, de l'oxyde de fer et des traces de manganèse. La liqueur filtrée ne renfermait point d'alcalis, et je n'y ai trouvé d'autres terres alcalines que la chaux et la magnésie, sans trace de baryte, ni de strontiane.

La poudre qui avait résisté à l'action de l'acide hydrochlorique fut calcinée avec du carbonate de baryte dans un creuset de platine et traitée par l'acide hydrochlorique; j'y trouvai constamment de la silice, du protoxyde de fer, de l'alumine, de la magnésie, de la chaux et de la potasse.

Des essais spéciaux ont révélé l'existence de l'acide carbonique, du soufre et du charbon.

Analyse quantitative.

Un poids déterminé de grès porphyrisé a été traité par l'acide hydrochlorique concentré, à une

chaleur très-moderée. La dissolution fut filtrée, et le résidu lavé avec de l'eau légèrement acide.

La liqueur contenait de l'acide vanadique, de l'oxyde de cuivre, du peroxyde de fer, des traces d'oxyde de manganèse, de l'alumine, de la magnésie et de la chaux. J'ai dosé chacune de ces substances par les moyens ordinaires. Un essai spécial par le chlorure double d'or et de sodium m'avait démontré l'absence du protoxyde de fer.

La partie insoluble dans l'acide hydrochlorique a été traitée à plusieurs reprises par une dissolution bouillante de carbonate de soude, qui a enlevé toute la silice soluble. Le résidu a été recueilli sur un filtre, pesé, et lavé d'abord à l'eau chaude, puis à l'acide hydrochlorique étendu.

La dissolution de silice dans le carbonate de soude a été réunie aux eaux de lavage, rapprochée, traitée par l'acide hydrochlorique, évaporée à sec et reprise par l'eau chaude; la silice a été recueillie sur un filtre, lavée, calcinée et pesée. Cette silice est celle qui, avant la décomposition de la roche, était combinée aux bases dissoutes par l'acide hydrochlorique au commencement de l'analyse.

Le résidu qui avait résisté à l'acide hydrochlorique et au carbonate de soude, était composé de charbon, de quartz et des parcelles de roche qui n'avaient pas encore subi l'action destructive de l'eau et de l'atmosphère; il fut soigneusement séché, calciné, et pesé de nouveau. La perte de poids a

donné la quantité de charbon qui y était renfermé. On l'a ensuite fondu avec du carbonate de soude sous la moufle du fourneau d'essai. La masse qui en est résultée, a été traitée par le procédé ordinairement suivi pour l'analyse des silicates.

J'ai analysé deux variétés de grès : la variété n° 1 était entièrement pénétrée de cuivre hydratésilicifère et de cuivre carbonaté bleu; la variété n° 2 était au contraire très-pauvre en minéral de cuivre.

		Grès n° 1.		Grès n° 2.	
		Oxygène.		Oxygène.	
<i>Partie soluble dans l'acide hydrochlorique.</i>	Ac. vanadique.	»	»	0,53	0,137
	Oxyde de cuivre.	23,08	4,656	2,50	0,504
	Ox. de mangan.	traces	traces	traces	traces
	Protoxyde de fer.	1,23	0,377	4,19	1,285
	Alumine.	2,75	1,284	3,93	1,835
	Magnésie.	2,46	0,952	3,06	1,184
<i>Partie insoluble dans l'acide hydrochlorique et soluble dans le carbonate de soude.</i>	Chaux.	3,91	1,982	5,65	1,586
	Silice.	5,78	3,002	12,11	6,291
<i>Partie insoluble dans l'acide hydrochlorique et dans le carbonate de soude.</i>	Charbon.	4,47	»	3,09	»
	Silice.	29,13	15,132	41,04	21,319
	Protoxyde de fer.	0,23	0,070	0,39	0,088
	Alumine.	0,71	0,331	1,31	0,611
	Magnésie.	1,63	0,631	2,71	1,048
	Chaux.	1,96	0,550	3,29	0,924
<i>Résultats de dosages spéciaux.</i>	Potasse.	0,38	0,064	0,84	0,142
	Soufre.	0,13	»	0,59	»
	Ac. carbonique.	12,66	9,159	9,33	6,750
	Eau.	7,08	»	2,90	»
		97,59		97,46	

ANALYSE

DE L'ACIER DAMASSÉ DE ZLATOUST

ET DE DEUX SCORIES PROVENANT DE LA FABRICATION DE CET ACIER.

PAR M. ILIMOFF.

Analyse de l'acier damassé.

La découverte d'un procédé pour fabriquer de l'acier damassé comparable aux meilleurs damas de l'Asie est sans contredit une des nouvelles conquêtes les plus importantes de notre industrie. Ce procédé est dû aux beaux travaux de M. Ançoïff, général-major au Corps des Ingénieurs des Mines. La qualité supérieure des objets fabriqués avec l'acier damassé de Zlatooust et leur extrême bon marché marquent à cette découverte une place assurée et durable dans notre industrie nationale.

Il était intéressant de rechercher si les qualités du nouvel acier damassé résident dans la composition chimique du métal ou bien dans la perfection du traitement métallurgique, et dans le mode de la fabrication. M. Hess, membre de l'académie, sous la direction duquel je travaille dans le laboratoire de l'École des Mines, m'a en consé-

quence chargé d'analyser une petite lame d'acier de Zlatoust, envoyée par M. Anozoff comme un de ses meilleurs échantillons. Cette lame était trempée et polie d'un bout, et aiguisée de l'autre. Il suffisait de quelques épreuves pour reconnaître l'excellence de son acier; elle ployait avec la plus grande aisance; le son en était pur et éclatant; le bout poli et trempé entamait les meilleurs ciseaux anglais, tandis que le bout aiguisé recevait facilement des empreintes et se laissait couper net et également.

Outre le fer et le carbone, j'ai trouvé dans cet acier du soufre, du silicium, de l'aluminium, du cuivre et une trace d'argent. Voici la marche que j'ai suivie dans l'analyse quantitative.

Pour doser le fer et l'aluminium, j'ai dissous dans l'eau régale un fragment d'acier pesant 1^{er},9172. La dissolution a été évaporée à sec. J'ai repris le résidu de l'évaporation par l'acide hydrochlorique, puis par l'eau, pour en séparer la silice et le chlorure d'argent. Le fer et l'alumine ont été précipités de la nouvelle dissolution par l'ammoniaque, et séparés l'un de l'autre au moyen de la potasse caustique. J'ai trouvé pour 100 d'acier :

Fer.....	98,000
Aluminium.....	0,055

Le carbone a été déterminé, suivant le procédé de M. Berzélius, au moyen du bichlorure de cuivre. Un fragment de la lame pesant 2^{es},3326 a été

chauffé dans une dissolution de ce bichlorure légèrement acide, en vase fermé, sur le bain de sable, à une température modérée. L'opération a duré environ deux jours et demi. Il ne se dégage point de gaz dans ce procédé; on n'a en conséquence à craindre aucune perte de carbone. Quand tout le fragment d'acier fut dissous, ce qu'on pouvait reconnaître en promenant une baguette de verre sur le fond du vase, je recueillis le carbone et les autres substances abandonnés par l'acier dans un entonnoir ordinaire en verre dont la tige était fermée par un bouchon d'asbeste, préalablement bouilli dans l'acide hydrochlorique, lavé et calciné. Le dépôt recueilli dans l'entonnoir a été lavé, d'abord avec de l'acide hydrochlorique chaud pour enlever le sel de cuivre, puis avec de l'eau pour enlever l'acide. Quand le dépôt eut été lavé et séché, je mis avec soin la tige de l'entonnoir dans l'extrémité vide du tube à combustion (*) employé par M. Hess pour analyser les corps organiques, et j'y fis passer, au moyen d'un gros fil de cuivre, le bouchon d'asbeste de l'entonnoir et le dépôt attaché aux parois et à la tige de ce dernier; je brûlai ensuite le carbone, suivant la méthode ordinaire, dans un courant d'oxygène. J'ai trouvé pour 100 d'acier :

Carbone. 1,131

(*) Ce tube contenait à l'autre bout du deutoxyde de cuivre calciné.

En dissolvant un morceau d'acier dans l'acide nitrique, je ne remarquai aucune lamelle de graphite dans le résidu de la dissolution, même à l'aide du microscope; on peut donc en conclure que la totalité du carbone est en combinaison chimique avec le fer dans l'acier damassé que j'ai analysé.

Pour déterminer le silicium, j'ai dissous 4^{gr},4433 d'acier dans l'eau régale. La dissolution a été évaporée à sec, et le résidu de l'évaporation humecté avec de l'acide hydrochlorique. La silice a été recueillie quelques heures après sur un filtre, lavée avec de l'eau, puis avec de l'ammoniaque pour en séparer le chlorure d'argent, puis une nouvelle fois avec de l'eau. 100 parties d'acier renferment :

Silicium. 0,500

Pour déterminer le cuivre et l'argent, j'ai dissous 20^{gr},5562 d'acier dans l'acide nitrique pur; la dissolution a été filtrée, et l'eau de lavage, après rapprochement, ajoutée à cette dernière. J'y versai ensuite de l'acide hydrochlorique, fermai le vase avec un bouchon et l'exposai au soleil; j'agitai de temps en temps la liqueur pour hâter la précipitation de l'argent. Le dépôt de chlorure d'argent était si faible qu'il aurait été impossible de le détacher du filtre, sans risquer d'enlever en même temps des fibres de papier qui, à la calcination, eussent réduit une partie de l'argent; j'employai le moyen suivant. Après avoir modérément chauffé la disso-

lution, je recueillis le chlorure d'argent sur un petit filtre et le lavai avec de l'eau aiguisée d'acide nitrique. Le filtre fut ensuite séché et brûlé dans un têt en porcelaine, la cendre du filtre mêlée avec du plomb d'essai, et le tout coupellé au chalumeau; j'obtins un globule d'argent trop petit pour être pesé.

La dissolution, dont l'argent avait été précipité, fut évaporée à sec pour en séparer l'excès d'acide, reprise par l'eau légèrement acide et traitée par un courant de gaz hydrogène sulfuré. Le sulfure de cuivre et le soufre provenant de la réaction du gaz sur le peroxyde de fer, furent recueillis sur un filtre, lavés, séchés et brûlés dans un creuset de platine. Le sulfure de cuivre fut ensuite dissous dans l'acide nitrique, et l'oxyde de cuivre précipité par la potasse bouillante. L'oxyde précipité a donné pour 100 d'acier :

Cuivre. 0,300

Pour déterminer le soufre, j'ai dissous 9^{gr},2566 d'acier dans l'acide nitrique. La dissolution a été filtrée et saturée de nitrate de baryte : le liquide se troubla au bout de quelque temps et fut abandonné à lui-même dans un endroit chaud. Le sulfate de baryte recueilli sur un filtre et calciné a donné pour 100 d'acier :

Soufre. 0,014

En résumé, 100 parties d'acier damassé contiennent :

Fer.	98,000
Carbone.	1,131
Soufre.	0,014
Silicium.	0,500
Aluminium.	0,055
Cuivre.	0,300
Argent.	traces.
	<hr/>
	100,000

Il faudrait, pour arriver à quelque conclusion générale sur l'acier damassé, analyser plusieurs variétés de ce produit. Il ne m'est donc pas possible de lui fixer une place dans la série des carbures de fer, ni d'assigner les principales causes de ses remarquables propriétés. Je ne me permettrai qu'une seule observation. L'acier damassé que j'ai analysé était d'une excellente qualité et compris au nombre des meilleurs échantillons envoyés par M. Anocoff; les substances étrangères renfermées dans l'acier et dans l'acier damassé *n'exercent donc, au-dessous de $1 \frac{1}{2}$, aucune influence apparente sur les qualités de l'acier damassé.* M. Berthier donne, dans son *Traité des essais par la voie sèche*, la composition d'une fonte de Bendorf, dans laquelle on a trouvé entre autres substances $0,3 \frac{1}{2}$ de cuivre; l'acier obtenu par l'affinage de cette fonte est, à ce que rapporte M. Berthier, d'excellente qualité. On a trouvé que le cuivre dans la proportion de $\frac{1}{4}$ à $2 \frac{1}{2}$ commu-

nique à la fonte la propriété de se convertir en acier et lui donne les qualités qu'on recherche dans la fabrication de divers objets. Presque convaincu que les qualités de notre acier damassé dépendent moins de la nature des matières premières que de la perfection du traitement métallurgique et du procédé de fabrication, je n'affirmerai pas que le cuivre que j'ai découvert ait quelque part à ces bonnes qualités; il serait néanmoins curieux de déterminer exactement l'influence que ce métal peut exercer sur l'acier damassé.

Analyse des scories.

L'analyse des scories obtenues dans la fabrication de l'acier damassé a été entreprise dans le but de savoir si elles ne contenaient point quelques substances qui auraient pu avoir une action spéciale sur l'acier. Celles que j'ai analysées provenaient, l'une d'un acier à moires ondulées, l'autre d'un acier à dessins chevronnés. La première présentait une masse bien fondue, gris foncé; l'autre était plutôt frittée que scorifiée : sa couleur était le gris-noir.

Ces scories étaient composées ainsi qu'il suit :

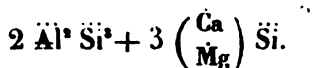
Scories de l'acier à moires ondulées.

Silice.	53,90
Alumine souillée d'oxyde de fer. .	26,79
Chaux.	10,87
Magnésie.	7,89
	<hr/>
	99,45

Scories de l'acier à dessins chevronnés.

Silice.	53,790
Alumine souillée d'oxyde de fer. . .	26,377
Chaux.	11,006
Magnésie.	7,909
	<hr/>
	99,082

Il y a identité dans la composition des scories analysées et cette composition peut être représentée par la formule :



Cette formule donne pour 100 de scories :

Silice.	54,07
Alumine.	26,74
Chaux.	11,11
Magnésie.	8,06
	<hr/>
	99,98

Les deux scories quoique ayant la même composition diffèrent néanmoins par leur aspect extérieur, et l'on peut conclure de leur différence d'aspect, en supposant toutefois que les deux espèces d'acier fussent aussi de composition identique, que le damas à moires ondulées a demandé une température beaucoup plus élevée que le damas à dessins chevronnés.

DOCUMENTS STATISTIQUES.

(TABLEAU 1.)

ÉTAT ET PRODUCTION

APPARTENANT AUX PARTICULIERS, DANS L

depuis l'année 1833 jusqu

NOMS DES PROPRIÉTAIRES,

NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.

GOUVERNEMENTS D'IRKOUTSK ET DE IÉNISSEÏSK,

à la limite des arrondissements de Nijne-Oudinsk et de Kansk.

Société de MM. Astacheff et des négociants Tolkatcheff et Korobloff

Mine de Veliko-Nikolaevsk, sur la Khorma, aff. dr. de la Gr.-Birioussa (déc. en 1836).

Mine de Troitzk, sur la Katuichindagoa, aff. g. de la Gr.-Birioussa (déc. en 1836).

Explorations de diverses vallées.

M. J. Riazanoff, nég. d'Ekaterinbourg et Cie.

Mine de Préobrajensk, sur la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Mine de Veliko-Nikolaevsk, sur la Khorma, aff. dr. de la Gr.-Birioussa (déc. en 1836).

Mine de Serguievsk, sur la Katuichindagoa, aff. g. de la Gr.-Birioussa (déc. en 1836).

Mine d'Alexandronovski, sur la Soukhoi-Mirioutchine, aff. dr. de la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Mine d'Anninsk, sur l'Angota, aff. g. de la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Explorations de diverses vallées.

DES MINES AURIFÈRES,

GOUVERNEMENTS D'IRKOUTSK ET DE IÉNISEÏSK,

année 1838 inclusivement.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
		Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1838	986.600	14	11	35	22	5	52 $\frac{1}{2}$
1837	453.300	3	10	69	69	2	73 $\frac{1}{2}$
1838	712.610	3	38	32	15	2	12 $\frac{1}{2}$
	1.165.910	7	9	5	84	2	36 $\frac{1}{2}$
1836	"	"	1	"	61	"	"
	Total. . .	21	21	41	71		
1837	498.632	2	13	79	65	1	77 $\frac{1}{2}$
1838	1.258.600	6	20	81	1	1	95
Après la camp. d'été de 1838.	4.875	"	"	43	12	"	84 $\frac{1}{2}$
	1.762.107	8	35	11	78	1	84 $\frac{1}{2}$
1837	4.100	"	"	59	49	1	43 $\frac{1}{2}$
1838	908.800	14	10	86	81	6	2 $\frac{1}{2}$
Après la camp. d'été de 1838.	4.625	"	2	4	36	4	23 $\frac{1}{2}$
	917.525	14	13	54	70	6	"
1837	800	"	"	12	"	1	48
1838	180.375	"	24	81	33	1	30 $\frac{1}{2}$
	181.175	"	24	93	33	1	81
1837	600	"	"	6	28	1	4 $\frac{1}{2}$
1837	1.500	"	"	10	"	"	64
1836	"	"	1	3	72	"	"
1837	"	"	"	92	19	"	"
	Total. . .	23	35	80	12		

ANNÉE 1841.

NOMS DES PROPRIÉTAIRES,

NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.

M. D. Balandine, nég. d'Ekaterinbourg et C^{ie}.

Mine de Nikolaevsk, sur l'Oungourbel, aff. g. de la Khorma (découv. en 1836).

Mine de Pokrovsk, sur la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Mine de Baldagolsk, sur la Baldagola, aff. de la Soukoi-Mirioutchine, aff.-dr. de la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Mine de Spassk, sur l'Ingota, aff. de la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Mine de Bolchetsseleak, sur la Gr.-Isselei, aff. g. de la Gr.-Birioussa (déc. en 1836).

Mine de Malotsseleak, sur la Pet.-Isselei, aff. g. de la Gr.-Birioussa (déc. en 1836).

Explorations de diverses vallées (découv. en 1836).

Le conseiller de cour Goloubkoff.

Mine de Préobrajenak, sur la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Société de M. Ponomareff et du nég. Lapins.

Mine de Nikolaevsk, sur la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Mine d'Inokentievsk, sur la Soukoi-Mirioutchine, aff. dr. de la Gr.-Birioussa (découv. en 1836).

Le conseiller de commerce Stéphane Popoff.

Mine d'Illinsk, sur la Gr.-Birioussa (découv. en août 1836).

Mine de Stepanovsk, sur la Mokroi-Mirioutchine, aff. g. de la Gr.-Birioussa (découv. en juin 1836).

Société Astacheff (organisée le 20 avril 1835).

Mine d'Ouspenak, sur la Gr.-Birioussa (découv. en janvier 1837).

TABLEAU I.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
		Pouds.	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1836 et 1837 1838	74.440	"	14	10	15	1	78
	218.100	1	5	48	"	2	"
	292.540	1	19	58	15	1	91
1837	32.950	"	8	58	28	2	48 $\frac{1}{4}$
1837	300	"	"	2	"	"	46
1837	2.000	"	"	9	"	"	43 $\frac{1}{8}$
1837	205	"	"	"	60	"	29 $\frac{1}{2}$
1837	80	"	"	"	65	1	12 $\frac{1}{2}$
1837	"	"	3	36	41	"	"
	Total. . .	1	31	69	12		
1837 1838	99.370	1	"	4	35	3	83 $\frac{1}{2}$
	579.940	4	11	33	34	2	80 $\frac{1}{2}$
	679.310	5	11	37	69	2	94 $\frac{1}{4}$
1837 1838	88.850	"	4	98	"	"	76 $\frac{1}{4}$
	879.884	2	20	"	"	1	8 $\frac{1}{2}$
	958.232	2	24	94	"	1	7
1838	30.160	"	1	"	"	"	30 $\frac{1}{2}$
	Total. . .	2	25	94	"		
1837 1838	82.525	"	14	29	60	1	68 $\frac{1}{4}$
	289.060	1	10	4	16	1	63
	371.525	1	24	24	83	1	63 $\frac{1}{4}$
1837	19.945	"	"	75	21	"	36 $\frac{1}{4}$
	Total. . .	1	25	4	10		
1838	245.500	1	"	1	46	1	54 $\frac{1}{2}$

NOMS DES PROPRIÉTAIRES,

NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.

Le notable Miasnikoff.

Alluvion située sur la Gr.-Biriousa (découv. en novembre 1836, acquise en 1839 par le nég. Riazanoff).

Le nég. Riazanoff.

Même alluvion que la précédente.

Exploration de la Khorma.

M. Borovkoff.

Mine d'Ijinsk, sur la Katsichindagoa, aff. g. de la Gr.-Biriousa (déc. en avril 1837).

Le nég. Rodionoff.

Alluvion située sur la Gr.-Biriousa, près de l'embouchure de la Katsichindagoa (découverte en janvier 1837).

*Total de la quantité d'or obtenue dans
arrondissements de Nijne-Oudinsk*

GOUVERNEMENT D'IRKOUTSK.

Arrondissement de Nijne-Oudinsk.

ALLUVIONS AURIFÈRES SITUÉES À ENVIRON 200 VERSTES AU S.-O. DE NIJNE-OUDESK.

M. J. Riazanoff, nég. d'Ékaterinbourg et Cie.

Mine de Trekh-Svitatelak, sur la Pet.-Biriousa, aff. dr. de la Gr.-Biriousa (déc. en juillet 1836)

Mine de Pétropavlovsk, sur la Bougourma, aff. g. de la Pet.-Biriousa (*idem*) . .*M. D. Balandine, nég. d'Ékaterinbourg et Cie.*

Mine de Malobiriousinsk, sur la Pet.-Biriousa (découv. en juillet 1836).

Mine de Sokolovsk, sur la Pet.-Biriousa (*idem*).

TABLEAU 1.

TABLEAU 1.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
		Pouds.	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1837	67.200	"	7	11	12	"	11 1/2
1838	269.975	"	23	21	79	"	78 1/2
	357.175	"	30	32	91	"	78 1/2
1837	2.400	"	"	24	"	1	"
1838	"	"	"	20	48	"	"
	Total.	"	"	44	48	"	"
1838	199.000	"	21	67	91	1	9 1/2
1838	546	"	"	6	16	1	12 1/2
les mines situées à la limite des et de Kansk.		59	3	95	82	"	"
1837	9.866	"	1	32	75	1	84 1/2
1838	29.980	"	4	49	5	1	42 1/2
	39.806	"	5	81	80	1	40 1/2
1837	1.500	"	"	9	"	"	57 1/2
	Total. . .	"	5	90	80	"	"
1837	490	"	"	4	10	"	81 1/2
1837	1.000	"	"	3	"	"	28 1/2
	Total. . .	"	"	7	10	"	"

NOMS DES PROPRIÉTAIRES,

NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.

M. Pokholkoff, nég. de Veliko-Oustoug.

Alluvion située sur la rivière de Korkhol, aff. de l'Quda, à environ 190 verstes au sud de Nijne-Oudinsk (découv. en juin 1837).

Arrondissement d'Irkoutsk.

Société Ponomareff et Lapine.

Alluvion située près de l'embouchure du Kitof, aff. g. de l'Angara, à 55 verstes d'Irkoutsk (découv. en 1835).

Le notable Nicolas Trapeznikoff et frères.

Explorations d'alluvions sur les riv. de Sarakal et de Dab, appartenant au système hydrographique de l'Oka, à environ 250 verstes du fort de Toungkin (déc. en 1837).

Total de la quantité d'or obtenu dans les mines

GOUVERNEMENT D'IÉNISSEÏSK.

Arrondissement de Kansk.

M. J. Rtsanoff, nég. d'Ékaterinbourg et Cie.

Mine de Mariïnsk, dans un vallon sec latéral à la Mana (déc. en 1836).

Mine de Bogolaviensk, dans un vallon sec latéral à la Mana (*idem*).

Mine d'Inokentievsk, sur un ruisseau sans nom, aff. g. de la Mana (déc. en juill. 1836).

TABLEAU 1.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
		Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1833	25.000	"	"	41	76	"	17
1834	69.089	"	1	86	71	"	19 $\frac{1}{2}$
1837 et 1838	12.219	"	"	55	24 $\frac{1}{2}$	"	46 $\frac{2}{3}$
du gouvernement d'Irkoutsk. . . .		"	8	49	69 $\frac{1}{2}$	"	"
1837	1.425	"	"	24	24	1	"
1838	176.500	"	20	51	"	1	11 $\frac{1}{2}$
	177.925	"	20	65	24	1	11 $\frac{1}{2}$
1837	300	"	"	1	72	"	56
1838	102.030	"	5	48	57	"	49 $\frac{1}{2}$
	102.330	"	5	50	33	"	49 $\frac{1}{2}$
1837	250	"	"	1	60	"	62 $\frac{1}{2}$
1838	51.000	"	"	66	19	"	16 $\frac{1}{2}$
	51.250	"	"	90	79	"	17 $\frac{1}{2}$
	Total. . .	"	27	14	40		

NOMS DES PROPRIÉTAIRES,

NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.

Société Medger et J. Riazanoff.

Mine de Pétropavlovsk, sur la Kzik, aff. dr. de la Mana (déc. en juillet 1836).

Mine d'Alexandrovsk, sur une riv. sans nom, aff. dr. de la Mana (déc. en août 1836).

M. Tcheglekov.

Alluvion située sur la rivière d'Amitchaga, aff. dr. de la Mana (déc. en août 1836).

M. Goloubkov.

Mine de Tikhvinsk, sur la Pet.-Iangora, aff. dr. du Gr.-Agoul (déc. en août 1836).

Explorations de diverses alluvions.

Le notable E. Kousnetzoff.

Mine de Tikhvinsk, sur la Pet.-Iangora.

Société Astacheff, Tolkatcheff et Kerobkoff, négociants.

Alluvion sur la Belchaia, aff. g. du Gr.-Agoul (déc. en octobre 1835).

Société Ponomareff et Lapine.

Mine de Vladimir, sur le Gr.-Agoul (déc. en septembre 1837).

Mine d'Alexandrovsk, sur l'Ianga, aff. dr. de la Kan (déc. en avril 1836).

TABLEAU I.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
	Pouds.	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1837	661.040	1	11	48	65	"	71 $\frac{1}{4}$
1838	510.380	"	25	74	78	"	86 $\frac{1}{2}$
	1.171.420	1	36	27	47	"	60 $\frac{1}{4}$
1837	36.280	"	1	68	13	"	43 $\frac{1}{4}$
	Total. . .	1	38	95	60		
1836	"	"	"	"	"	"	"
1837	"	"	"	"	"	"	"
1838	21.450	"	"	35	48	"	15 $\frac{2}{4}$
1836	"	"	"	"	"	"	"
1837	32.800	"	1	7	50	"	30 $\frac{1}{2}$
1838	175.520	"	14	25	"	"	74 $\frac{2}{4}$
Après la campag. d'été de 1838.	15.769	"	1	27	"	"	74 $\frac{2}{4}$
	224.089	"	16	59	50	"	60 $\frac{1}{4}$
1838	"	"	"	17	24		
	Total. . .	"	16	76	74		
1836	102.240	"	14	30	72	1	33
1837	245.533	"	23	71	25	"	89
	347.773	"	38	6	1	1	4 $\frac{1}{4}$
1837 et 1838	62.820	"	6	53	69	"	94 $\frac{1}{4}$
1838	410	"	"	32	22	3	62
1837	29.008	"	"	72	3	"	23 $\frac{1}{4}$
1838	66.524	"	1	69	18	"	23 $\frac{1}{4}$
	95.532	"	2	45	21	"	23 $\frac{1}{4}$
	Total. . .	"	2	67	44		

**NOMS DES PROPRIÉTAIRES,
NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.**

M. Michel Korostoleff, négociant de Krasnoïarsk.

Mine de Nikolaevsk, sur l'Anga, aff. dr. de la Kan (déc. en juin 1833).

Mine d'Anatolevsk, sur l'Anga, aff. dr. de la Kan (*idem*).

Mine d'Inokentievsk, sur l'Anga, aff. dr. de la Kan (*idem*).

Mine de Mikhailovsk, sur l'Anga, aff. dr. de la Kan (*idem*).

Rachères pratiquées en automne sur les alluvions précédentes.

Mine de Vosnessensk, sur la Négota, aff. g. du Pet.-Agoul (déc. en juin 1834).

M. Jean Soukhaneff, nég. de Krasnoïarsk.

Alluvion de la Voskressenka, aff. dr. du Pet.-Agoul (déc. en 1835).

Le cap. au corps des ing. des mines Zemlianitsvine.

Alluvion d'une source de la Voskressenka (déc. en juin 1837).

Explorations de diverses alluvions.

TABLEAU 1.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
		Pouds.	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1834	75.980	"	6	70	20	"	81 $\frac{1}{2}$
1835	145.370	"	12	85	24	"	81 $\frac{1}{2}$
1836	167.400	"	7	82	28	"	48 $\frac{1}{2}$
1837	213.465	"	19	19	53	"	82 $\frac{1}{2}$
1838	44.890	"	2	31	36	"	47 $\frac{1}{2}$
	647.055	1	0	"	74	"	69 $\frac{1}{2}$
1834	25.575	"	2	36	15	"	85 $\frac{1}{2}$
1835	65.900	"	6	11	86	"	85 $\frac{1}{2}$
1837	182.733	"	8	58	93	"	55 $\frac{1}{2}$
1838	245.810	"	17	32	21	"	65 $\frac{1}{2}$
	479.618	"	34	43	23	"	66 $\frac{1}{2}$
1835	222.425	"	19	95	76	"	82 $\frac{1}{2}$
1836	544.456	"	29	53	88	"	49 $\frac{1}{2}$
1837	413.154	"	30	75	84	"	68 $\frac{1}{2}$
1838	164.823	"	12	42	46	"	69 $\frac{1}{2}$
	1.344.858	2	12	56	6	"	63 $\frac{1}{2}$
1833	8.767	"	"	36	66	"	33 $\frac{1}{2}$
1836	51.000	"	1	82	48	"	33 $\frac{1}{2}$
	59.767	"	2	17	18	"	33 $\frac{1}{2}$
1836	13.477	"	1	24	22	"	85 $\frac{1}{2}$
1837	"	"	1	"	4	"	"
1838	"	"	"	24	21	"	"
	"	"	2	48	47	"	"
1837	93.362	"	8	65	73	"	85 $\frac{1}{2}$
1838	11.855	"	1	9	33	"	84 $\frac{1}{2}$
	105.217	"	9	75	9	"	85 $\frac{1}{2}$
	Total. . .	4	30	48	81		
1837	67.680	"	1	59	30	"	22 $\frac{1}{2}$
1838	"	"	"	"	"	"	"
	67.680	"	1	59	30	"	22 $\frac{1}{2}$
1838	19.690	"	"	68	36	"	33 $\frac{1}{2}$
1839	"	"	"	5	72	"	"
	Total. . .	"	"	74	12		

NOMS DES PROPRIÉTAIRES,

NOMS DES MINES ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.

Arrondissement d'Iénisseïsk.

M. J. Riazanoff, nég. d'Ekaterinbourg.

Explorations d'alluvions sur différ. rivières, app. ausyat. hydrogr. de la Toungouska.

Arrondissement de Krasnoïarsk.

M. Dmitri Béloff, négociant.

Alluvion citée sur le Kamenski, affl. de la Pet.-Kouzéevaa.

M. Konovaloff.

Mine de Voekressensk, sur la Karaoulala (déc. en août 1836).

Mine de Blagovechtchensk, sur la Stamovata (*idem*).Mine de Znamenak, sur la Popéretchnala (*idem*).Mine de Bougakinsk, sur la Bougaka (*idem*).*L'assesseur de collège Bazilevski.*

Explorations de diverses alluvions.

M. Solovieff, pour M. de Démidoff, au profit des exilés de Sibérie.

Explorations d'alluvions sur un affl. de la Kolba, et sur un affl. de la Kouval. . . .

Total de la quantité d'or obtenu dans les mines

RÉCAPITU

TOTAUX	{	A la limite des deux gouvernements. . .
de la quantité		Dans le gouvernement d'Irkoutsk. . .
D'OR OBTENU.		Dans le gouvernement d'Iénisseïsk. . .

TOTAL GÉNÉRAL.

TABLEAU 1.

ANNÉES d'exploitation.	QUANTITÉ de sables aurifères lavés.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR EN OR par 100 pouds de sable.	
		Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Zolotn.	Dol.
1838	"	"	"	36	24	"	"
1837 et 1838 Après la camp. d'été de 1838.	90.300	"	5	62	24	"	57 $\frac{1}{2}$
	10.839	"	"	69	48	"	61 $\frac{1}{2}$
	101.139	"	6	35	72	"	58 $\frac{1}{4}$
1837	25.160	"	"	9	54	"	3 $\frac{1}{8}$
1837	25.000	"	"	11	8	"	4 $\frac{1}{4}$
1837	146.000	"	1	46	4	"	9 $\frac{1}{4}$
1837	15.000	"	"	5	30	"	3 $\frac{1}{8}$
	Total. . .	"	1	72	"		
1837 et 1838	"	"	"	14	48	"	"
1837	"	"	"	4	12	"	"
du gouvernement d'Iénisseïsk. . .		9	12	"	16	"	"

LATION.

POUDS.	LIVRES.	ZOLOTN.	DOL.
59	3	95	82
"	8	49	69 $\frac{1}{4}$
9	42	"	46
68	24	49	74 $\frac{1}{4}$

(TABLEAU 2.) ÉTAT ET PRODUCTION DES MINES

DANS L'ARRONDISSEMENT DE

(Année

NOMS DES ALLUVIONS, ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.	INDICATIONS POUR	
	Longueur de l'alluvion. — Sagènes.	Largeur de l'alluvion. — Sagènes.
<i>Circonscription de la mine d'Egorievsk.</i>		
Alluvion d'Egorievsk, près du village de Novoloachnikova (dist. de Boroviliansk), sur la Tomikha, aff. de la Souenga (découv. en 1830 par M. Mordvinoff).	"	"
Alluvion de la Bérézovaia, aff. de la Souenga, à 3 verstes au-dessus de la Tomikha (découv. en 1831 par M. Mordvinoff).	"	"
Alluvion de la Pïtchougouine, aff. de la Kintérék, à 4 $\frac{1}{2}$ verstes de l'alluvion d'Egorievsk (déc. en 1833 par M. Wizé).	"	"
Alluvion du vallon de Voznessensk, aff. g. de la Kintérék (découv. en 1834 par M. Bulkov).	"	"
Alluvion de la Troïtzkaïa, aff. dr. de la Gr.-Ik, à 35 verstes de l'alluvion d'Egorievsk (déc. en 1837 par M. Bulkov).	"	"
<i>Circonscription de la mine de Moungaïsk.</i>		
Mine de Moungaïsk, sur la Préobragenska, aff. g. de la Moungaï (découv. en 1836 par M. Mévius 1 ^{er}).	"	"
Alluvion située sur la rive gauche de la Moungaï, aff. g. de la Berd (déc. en 1838 par M. Zoubareff).	340	de 15 à 20
<i>Circonscription de la mine d'Oursk.</i>		
Deux vallées latérales à la rivière d'Our, à 35 verstes de la mine de Selaïr (découv. en 1881 par M. Mévius 1 ^{er}).	"	"
Trois vallées latérales à la Kopennaïa, aff. de l'Our, à 3 verstes des vallées précédentes (découv. par M. Mévius 1 ^{er}).	"	"
Vallée latérale de la rive gauche de l'Our, à 5 verstes de la mine d'Oursk (découv. en 1882).	140	de 2 à 7
Vallée de Kroutoi, ou Popougaevski, aff. g. de la Gr-Popéretchnaïa (découv. en 1834 par M. Deikman).	"	"
Source de Filatievsk, aff. g. de la Popéretchnaïa (découv. en 1834 par M. Deikman).	"	"

URIFÈRES DE LA COURONNE

OLIVANO-VOSKRESSENSK.

38)

ES PAR LES RECHERCHES.			QUANTITÉ de sables au- rifères lavés. — Poids.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR en or par 100 pouds.	
Épaisseur de la couche aurifère. — Archines.	Profondeur de la couche aurifère. — Archines.	Roches composant le sol de l'alluvion.		Poids.	Liv.	Zol.	Dol.	Dol.	Zol.
"	"	"	1.568.400 anciens rebuts	2	4	56	82	"	40 $\frac{1}{2}$
"	"	"	97.500	"	3	36	36	"	31 $\frac{1}{2}$
"	"	"	191.028	"	12	48	22	"	60
"	"	"	219.017	"	15	43	78	"	65 $\frac{1}{2}$
"	"	"	226.650	"	25	78	24	1	8 $\frac{1}{2}$
"	"	"	196.400	"	8	80	"	"	41 $\frac{7}{8}$
"	"	"	503.285	"	28	26	"	"	51 $\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$ à $1 \frac{1}{4}$	de 4 à 5	Schiste argileux.	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	100.500	"	5	30	60	"	48 $\frac{1}{2}$
"	"	"	12.173	"	"	75	84	"	59 $\frac{1}{2}$
"	"	"	94.008 $\frac{1}{2}$	"	6	59	36	"	64 $\frac{1}{2}$
"	"	"	200	"	"	84	"	"	42
"	"	"	17.750	"	1	22	24	"	63 $\frac{1}{2}$
$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{2}$	de $1 \frac{1}{2}$ à 3	Calcaire.	142.205	"	6	41	"	"	41 $\frac{1}{2}$
"	"	"	211.850	"	15	93	"	"	69 $\frac{2}{3}$
"	"	"	341.920	"	21	84	"	"	53 $\frac{1}{2}$

NOMS DES ALLUVIONS, ET DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.	INDICATIONS POS.	
	Longueur de l'alluvion. — Sagènes.	Largeur de l'alluvion. — Sagènes.
Mine de Bogoslovsk, sur la Bestmiannata, aff. dr. de la Koundat (découv. en 1836 par M. Aldaroff).	"	"
Alluvion de la Bogorodskala, aff. g. de la Kia (découv. en 1838 par M. Astacheff).	110	jusqu'à 50
Alluvion située sur un aff. g. de la Medvédouchka, aff. g. de la Priezgi-Mourgok (ancienne propriété du négociant Bobkoff)	260	jusqu'à 13
Alluvion située sur la Gr.-Popéretchnata, aff. dr. de la Tchernala-Ossipova (découv. par M. Ichkarine).	jusqu'à 400	de 15 à 25
<i>Circonscription de la mine de Pétropavlosk, sur la Ters.</i>		
Alluvion située sur la Ters (découv. en 1834 par M. Guerngross 2°).	"	"
<i>Circonscription de la mine de Pétropavlosk, sur la Mrassa.</i>		
Alluvion située sur la Pétropavlovka, aff. dr. de la Bazas, aff. de l'Orton, aff. de la Mrassa (déc. par M. Aboltin).	"	"
Mine de Strijkovsk, sur la source d'Ekaterine, aff. dr. de la Kalzas, à 6 $\frac{1}{2}$ verstes de l'embouchure de cette rivière, et à 30 verstes de la mine de Pétropavlosk, sur la Mrassa; (découv. en 1835 par M. Strijkoff).	"	"
Mine de Tzarevo-Nikolaevsk, sur la Fedorovka, aff. g. de l'Orton (découv. en 1836 par M. Bastriguine).	"	"
Alluvion située sur l'Atchekhou, aff. g. de la Kondoma, à $\frac{1}{2}$ verste au-dessous de l'embouchure de la Koutchoura (découv. en 1838 par M. Oluicheff).	200	8
Alluvion située sur l'Alexandrovka, aff. dr. de la Koutchoura (découv. par M. Oluicheff).	600	20
Alluvion située sur la Koutchoura, aff. g. de la Kondoma (découv. en 1838 par M. Oluicheff).	2000	85
Alluvion située sur la Paulova, aff. g. de l'Amzas, laquelle paraît former la source droite de la Mandulbacha (découv. en 1838 par M. Oluicheff).	300	30

Total de la quantité d'or obtenu en 1838. . .

TABLEAU 2.

DITES PAR LES RECHERCHÉS.			QUANTITÉ de sables au- rifères lavés. — Poids.	QUANTITÉ d'or obtenu.				TENEUR moyenne en or par 100 pouds.	
Épaisseur de la couche aurifère. — Sagènes.	Profondeur de la couche aurifère. — Archines.	Roches composant le sol de l'alluvion.		Poids.	Liv.	Zol.	Dol.	Zol.	Dol.
»	»	»	162.550	»	12	15	»	»	68 $\frac{1}{2}$
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2 $\frac{1}{2}$	Jusqu'à 2 $\frac{1}{2}$	Granstein.	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	912.303	3	23	48	»	1	85 $\frac{1}{2}$
»	»	»	2.731.926	9	33	4	»	1	25 $\frac{1}{2}$
»	»	»	243.500	»	23	24	»	»	76 $\frac{2}{3}$
»	»	»	2.399.570	8	13	26	»	1	32 $\frac{2}{3}$
1 $\frac{1}{2}$	de 3 à 5	Schiste chlorité.	»	»	»	»	»	»	»
$\frac{1}{2}$	de 3 à 5	Schiste chlorité.	»	»	»	»	»	»	»
1	de 3 à 5	Schiste chlorité.	»	»	»	»	»	»	»
1	de 2 à 2 $\frac{1}{2}$	Calcaire gros gris foncé.	»	»	»	»	»	»	»
.....				28	24	22	»		

(TABLEAU 3.)

QUANTITÉ D'OR EXPLOITÉ

EN SIBÉRIE ET DANS LA

(ANNÉE

NOMS DES PROPRIÉTAIRES.

<i>La société des héritiers Popoff.</i>	.....
<i>M. André Popoff, nég. d'Oust-Kamenogorsk.</i>	.....
<i>M. Christophe Popoff.</i>	.....
<i>Le conseiller de commerce Stéphane Popoff.</i>	.....
<i>Le conseiller de collège Gorokhoff.</i>	.....
<i>La société Gorokhoff, Stéphane Popoff (cons. de comm.) et femme Smirnoff.</i>	.....
<i>Le notable Samsonoff.</i>	.....
<i>M. Zobnin, nég. de Viazniki.</i>	.....
<i>Le cons. de collège Astacheff, et le cons. de commerce Stéphane Popoff.</i>	..
<i>Le cons. de collège Astacheff, les nég. Korobkoff et Tolkatcheff, et Cie.</i>	..
<i>M. Astacheff et Cie.</i>	.....
<i>Les cap. et lieut. Astacheff, et le nég. Sossoulina.</i>	.....
<i>La société J. et A. Riazanoff, Balandine et Kazantzoff, nég. d'Ékaterinbourg.</i>	.....
<i>La société J. et A. Riazanoff, nég. d'Ékaterinbourg.</i>	.....
<i>La société Riazanoff, Kazantzoff, Tarassoff et autres.</i>	.....
<i>La société Wulff (cons. de cour), Medger (Ober-Hütten-Verwalter, et A. Riazanoff, nég.</i>	.....
<i>M. Ignate Riazanoff, nég. d'Ékaterinbourg.</i>	.....
<i>M. A. Riazanoff, nég. d'Ékaterinbourg.</i>	.....
<i>Le notable Nikita Krutloff et Cie.</i>	.....
<i>M. Jean Krutloff, nég. de Tobolsk.</i>	.....
<i>Le cons. de cour Élie Grigorieff.</i>	.....
<i>Le cons. de collège Konovaloff.</i>	.....
<i>Le cons. de collège Konovaloff et Cie.</i>	.....
<i>M. Pechkoff, nég. de Barnaoul.</i>	.....
<i>M. Zotoff, nég. de Taganrog.</i>	.....

PAR LES PARTICULIERS,

STEPPE DES KIRGHIS.

(40).

DÉSIGNATION DU GOUVERNEMENT OU DE LA CONTRÉE renfermant les exploitations.	QUANTITÉ D'OR OBTENU.			
	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.
Gouvernement de Tomsk.	29	17	44	»
Gouvernement d'Iénisseïsk.	1	2	79	»
Gouvernement de Tomsk.	»	26	46	»
Gouvernement de Tomsk.	3	12	54	»
Gouvernement d'Iénisseïsk.	3	28	13	»
Steppe des Kirghis.	2	10	1	»
Gouvernement de Tomsk.	4	17	62	»
Steppe des Kirghis.	1	26	65	»
Steppe des Kirghis.	»	»	73	»
Steppe des Kirghis.	2	3	4	»
Gouvernement de Tomsk.	5	20	58	»
Sibérie orientale.	61	35	73	»
Sibérie orientale.	4	9	58	»
Sibérie orientale.	»	14	87	»
Gouvernement de Tomsk.	35	6	30	»
Sibérie orientale.	11	8	23	»
Gouvernement d'Iénisseïsk.	»	13	40	»
Gouvernement de Tomsk.	»	2	66	»
Sibérie orientale.	»	6	23	»
Sibérie orientale.	1	29	21	»
Gouvernement d'Iénisseïsk.	»	1	15	»
Gouvernement d'Iénisseïsk.	»	1	34	»
Gouvernement de Tomsk.	1	13	78	»
Sibérie orientale.	1	9	8	»
Gouvernement de Tomsk.	2	30	18	»
Gouvernement de Tomsk.	»	14	29	48
Gouvernement de Tomsk.	»	37	88	»
Sibérie orientale.	»	8	89	»

NOMS DES PROPRIÉTAIRES.

Le notable Nkhita Miasnikoff.

Le notable Nicolas Miasnikoff.

M. Bobkoff, nég. de Tomsk.

M. Bobkoff, nég. de Tomsk, et M. Zoulikoff, nég. de Kiakhka.

Le cap. Moravineff et Cie.

M. Tchoglokhoff et le major Kovanko.

M. Tchoglokhoff.

Les héritiers du cons. d'état Paul de Demidoff, au profit des exilés de Sibérie.

M. Théodore Solovieff, nég. de Kouschva.

La société des nég. Zatkoff et Podsozoff.

La société Jacques Rastorgoueff, nég., et Naguibine.

M. Naguibine et Mme Karitonoff.

La société Khorobkoff et Tolhatcheff.

M. Bounakoff.

Le nég. Lapine et M. Ponomareff.

M. Sidor Tchchegoleff, fils de nég., de Barnaoul.

Les nég. Bolchakoff et Zinkoff.

M. Joukovski et Cie.

Mme Konopline.

M. Jean Kouznetzoff, nég. de Krasnoïarsk.

La société Muilnikoff et Kouzine.

Le nég. Kouzine.

M. Muilnikoff, nég. de Kolutvan.

La société Belchakoff et Zinkoff, nég. de Pétropavlovsk.

TOTAL GÉNÉRAL.

TABLEAU 3.

DÉSIGNATION DU GOUVERNEMENT OU DE LA CONTRÉE renfermant les exploitations.	QUANTITÉ D'OR OBTENU.			
	Pouds.	Livres.	Zolotn.	Dol.
Gouvernement de Tomsk.	»	4	39	»
Sibérie orientale.	7	34	64	»
Steppe des Kirghis.	»	4	47	»
Sibérie orientale.	3	2	31	»
Gouvernement de Tomsk.	»	10	1	»
Gouvernement d'Iénisselsk.	1	21	82	»
Gouvernement de Tomsk.	1	12	55	48
Gouvernement d'Iénisselsk.	1	36	76	»
Mine située sur le Glibjane.	»	»	53	»
Gouvernement de Tomsk.	»	16	26	»
Gouvernement de Tomsk.	»	15	56	»
Gouvernement d'Iénisselsk.	1	39	11	»
Mine de Nikolaevsk.	1	23	56	»
(?)	»	»	35	»
Mine de Pétropavlovsk.	1	5	54	48
Gouvernement d'Iénisselsk.	»	24	62	»
Gouvernement d'Iénisselsk.	3	10	35	»
Gouvernement d'Iénisselsk.	»	7	9	»
Sibérie orientale.	1	18	78	»
Sibérie orientale.	1	20	64	»
Sibérie orientale.	»	22	28	»
Steppe des Kirghis.	1	22	6	»
Steppe des Kirghis.	»	6	92	»
Steppe des Kirghis.	»	1	72	»
Gouvernement d'Iénisselsk.	1	9	31	»
Sibérie orientale, sur la Toukcha.	1	6	39	»
Gouvernement d'Iénisselsk.	»	38	53	»
Gouvernement de Tomsk.	»	3	43	»
Steppe des Kirghis.	1	27	94	»
.	215	35	77	48

(TABLEAU 4.)

QUANTITÉS D'OR

EXPLOITÉS DANS L'OURAL PAR LA

(2^e SEMESTRE

I. — Exploitations de la Couronne.

Mines d'Ékaterinbourg.	
Mines de Zlatoust.	
Mines de Bogoslovsk.	
Mines de Goroblagodat.	

Total des exploitations de la couronne.

II. — Exploitations particulières.

Mine de Verkh-Iasetsk, appartenant au cornette des gardes Jacovieff.	
Mine de Kaslinsk et Kuichtuinsk, appartenant aux héritiers Rastorgoueff.	
Mine de Nijni-Taguilsk, appartenant à MM. de Démidoff.	
Mine de Saïssertsk, app. aux héritiers Tourtchaninoff.	
Mine de Chaltansk, app. à M. Jartsoff.	
Mine de Néviansk, app. à MM. Jacovieff.	
Mine de Bilimbaev, app. à la Comtesse Strogonoff.	
Mine de Revdinsk, app. à MM. de Demidoff.	
Mine de Vsevoloblagodat, app. à MM. Vsevolovski.	
Mine de Krestovodvignsk, app. à la Princesse Boutéra.	
Mine de Troïtsk, app. à M. Joukovski et C ^{ie}	
Mine de Verkhneoufaïsk, app. à MM. Goubine.	
Mine d'Iltaban et Teptiar, app. au général Gemtchoujnikoff et C ^{ie}	
Mine de Pétropavlovsk et Voskressensk, app. à M. Astafieff.	
Mine de Bourziansk, app. à MM. Goussiatnikoff, le général Gemtchoujnikoff et C ^{ie}	
Mine de Rostesk, app. à la Comtesse Strogonoff et à MM. les chambellans Lazareff.	
Mine de Maloïstok, app. à M. Medger.	
Mine de M ^{me} Klioukvine.	
Métal volé dans les exploitations particulières, et repris aux voleurs.	

Total des exploitations particulières.

TOTAL DES EXPLOITATIONS DE LA COURONNE ET DES PARTICULIERS.

ET DE PLATINE

OURONNE ET PAR LES PARTICULIERS.

1840)

OR.				PLATINE.			
Poids.	Livres.	Zolotn.	Dol.	Poids.	Livres.	Zolotn.	Dol.
15	23	93	52	"	"	"	"
25	29	31	"	"	3	30	"
17	10	89	"	"	"	27	"
7	22	72	"	"	"	"	"
66	6	43	52	"	3	57	"
22	4	14	"	"	4	36	"
7	20	6	"	"	5	21	24
8	7	53	"	47	19	31	72
9	26	27	"	"	"	"	"
2	17	53	"	"	"	"	"
5	35	93	"	"	"	95	"
"	16	50	"	"	"	17	50
"	1	10	"	"	"	"	"
6	28	11	"	"	4	78	48
5	34	13	"	"	"	5	63
2	13	80	"	"	"	"	"
"	32	94	"	"	"	"	"
4	12	69	"	"	"	"	"
2	12	24	"	"	"	"	"
"	13	68	"	"	"	"	"
"	12	77	"	"	"	13	60
"	4	48	"	"	"	"	"
"	"	2	24	"	"	8	"
"	3	75	"	"	5	"	"
79	18	3	24	48	2	74	29
145	24	46	72	48	6	35	29

TABLEAU 5.

PRODUCTION DE L'OR.

Année 1840.

Exploitations de l'Oural.	200	20
Arrondissement de l'Altai. environ	246	"
Arrondissement de Nertchinsk.	6	"
Or prov ^e du départ de l'argent de l'Altai et de Nertchinsk, environ	35	"
TOTAL.	586	20

POUDS.	LIVRES.
200	20
246	"
6	"
35	"
586	20

La production de 1840 surpasse de 59 pouds celle de 1839.

PRODUCTION DU PLATINE.

Année 1840.

Exploitations de l'Oural. environ	94	"
---	----	---

POUDS.	LIVRES.
94	"

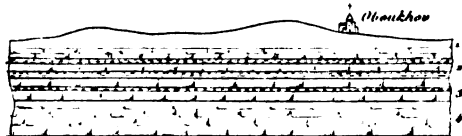
FIN.

et de Novgorod.)

Coupe N° 9.



radkin.

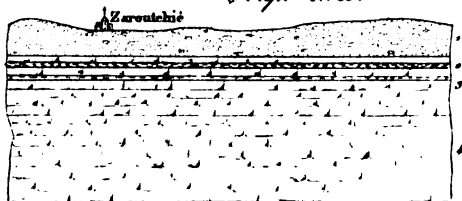


Niveau du Volkhov.

Coupe N° 10.



Dounka



Niveau du Volkhov

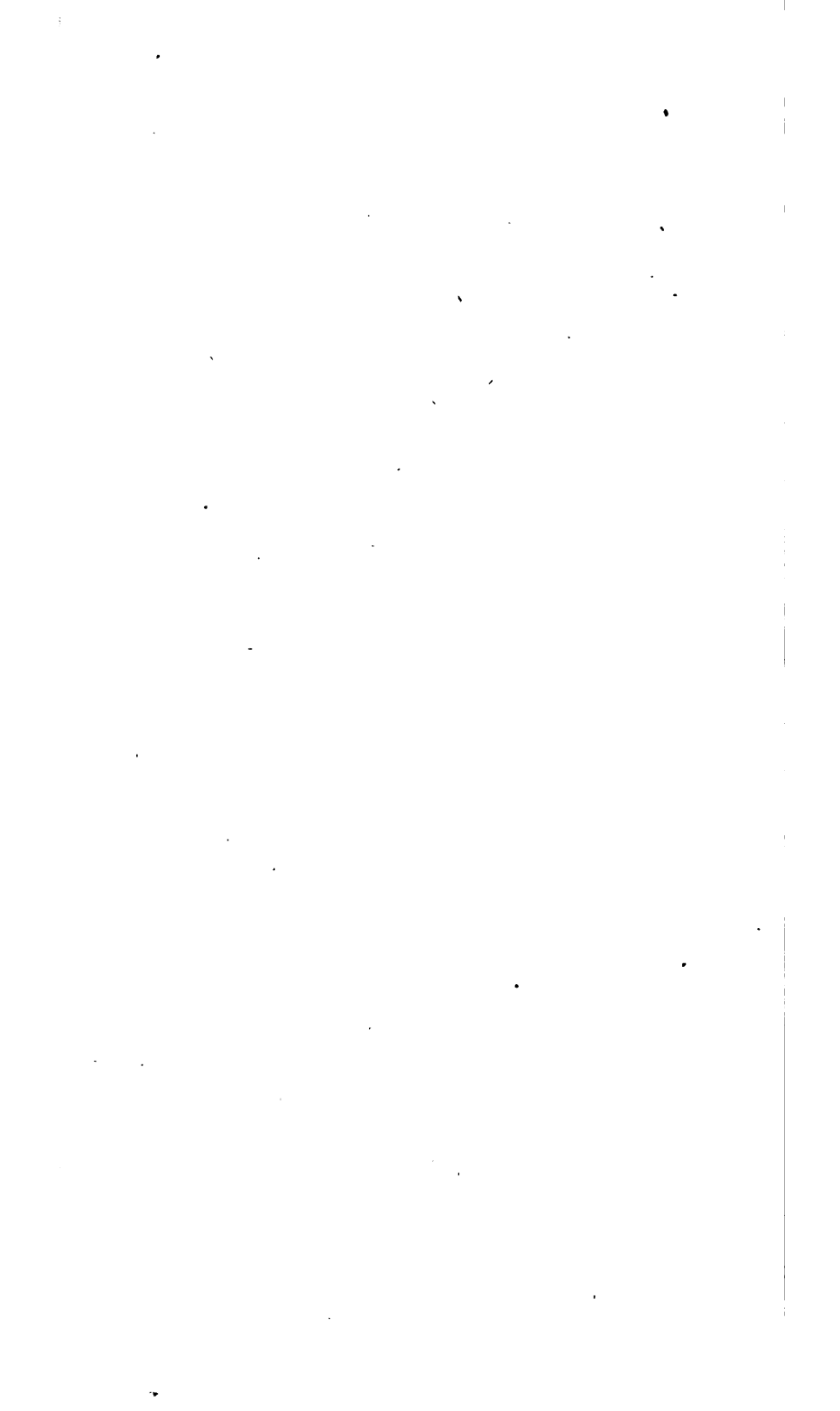
Coupe N° 11.



ements de Halouga de Coula et de Mouou.

Fig. 3.





*mécanisme pour exploiter les sables aurifères.
de l'arrond. d'Ekaterinbourg.*

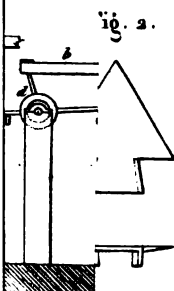
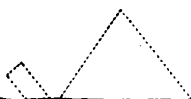
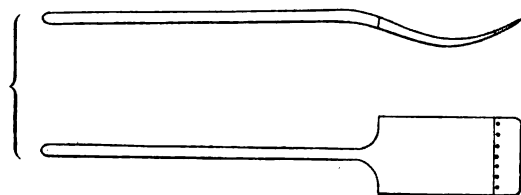
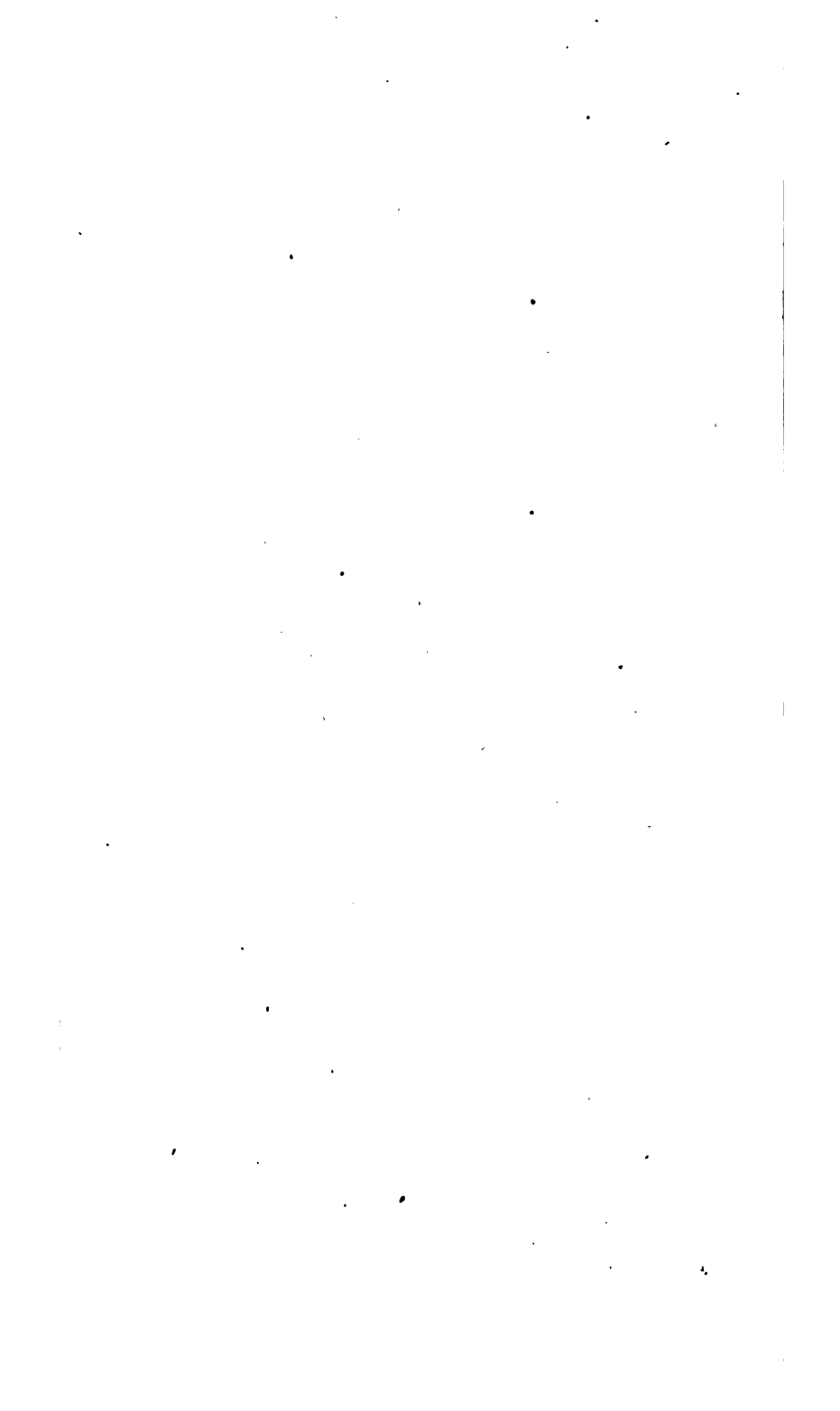
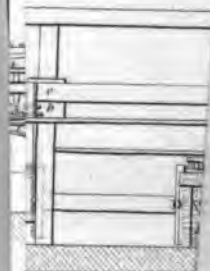


Fig. 3.





ce pour les

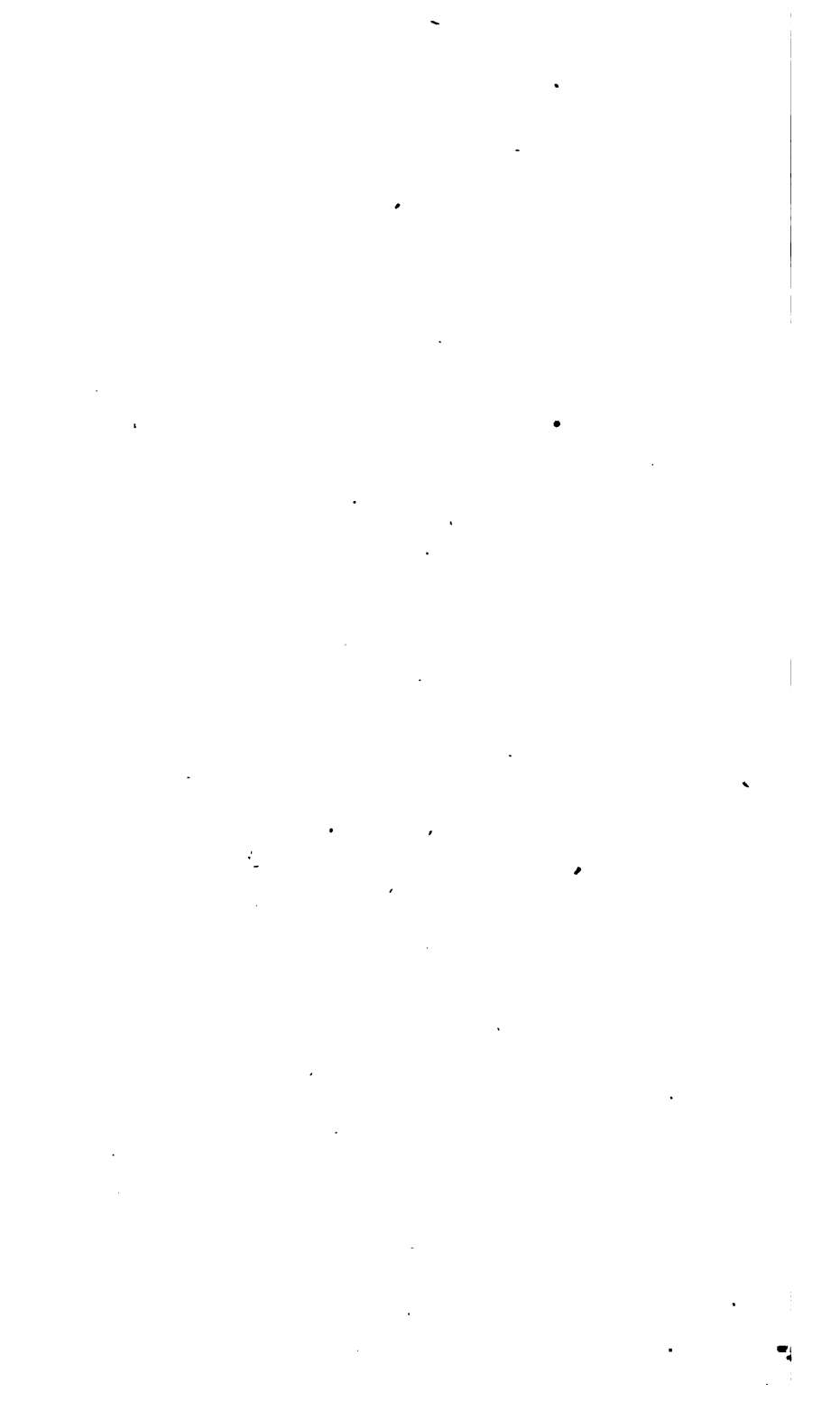




Pig

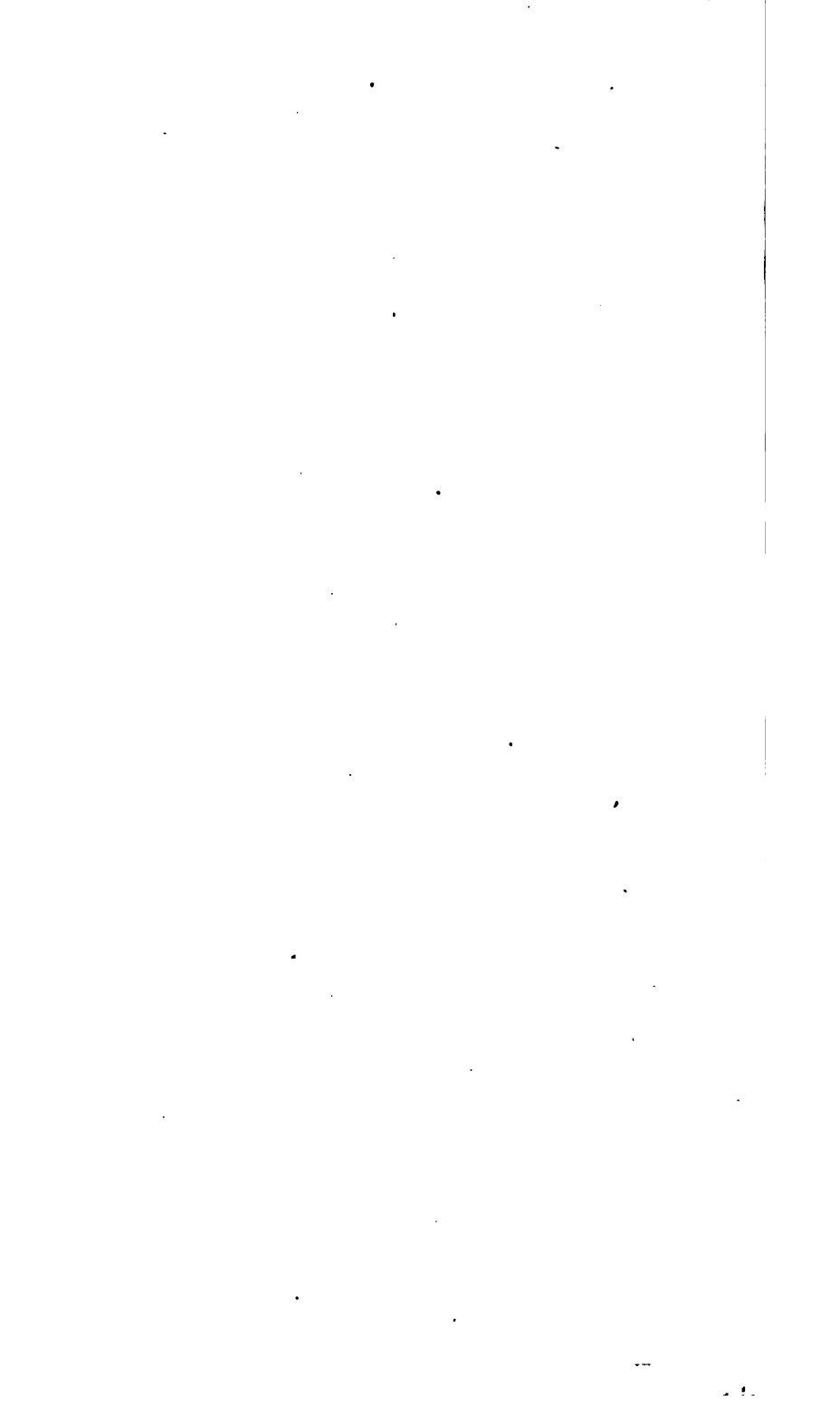
my
m





1881

1881



—

